

(51) 国際特許分類7  
H01L 21/3065, H01J 37/32

A1

(11) 国際公開番号

WO00/68985

(43) 国際公開日

2000年11月16日(16.11.00)

(21) 国際出願番号

PCT/JP00/02770

(22) 国際出願日

2000年4月27日(27.04.00)

(30) 優先権データ

特願平11/125637 1999年5月6日(06.05.99) JP  
特願平11/126878 1999年5月7日(07.05.99) JP  
特願平11/129696 1999年5月11日(11.05.99) JP  
特願平11/141209 1999年5月21日(21.05.99) JP

(74) 代理人

鈴江武彦, 外(SUZUYE, Takehiko et al.)  
〒100-0013 東京都千代田区霞が関3丁目7番2号  
鈴榮内外國特許法律事務所内 Tokyo, (JP)

(81) 指定国 KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)

添付公開書類

国際調査報告書

(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について)

東京エレクトロン株式会社  
(TOKYO ELECTRON LIMITED)[JP/JP]  
〒107-8481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 Tokyo, (JP)

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ)

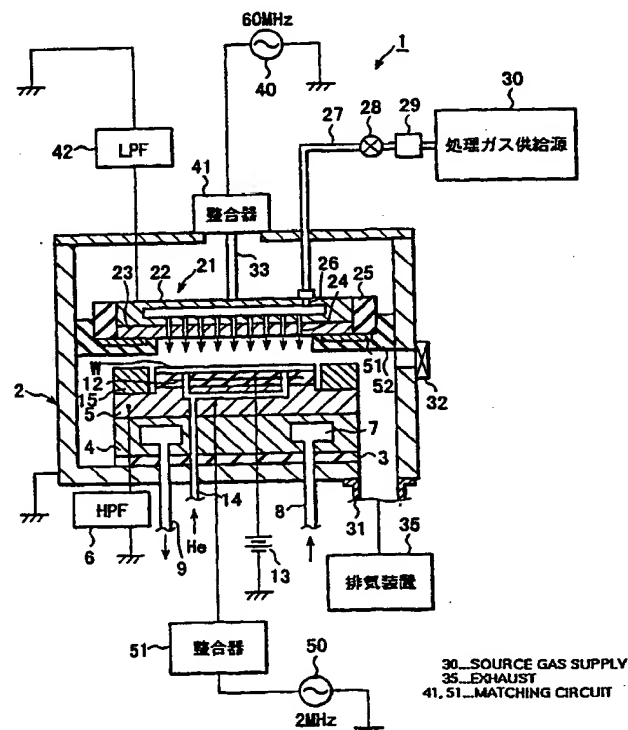
奥石 公(KOSHIISHI, Akira)[JP/JP]  
〒400-0034 山梨県甲府市宝2-11-15 M403 Yamanashi, (JP)  
広瀬圭三(HIROSE, Keizo)[JP/JP]  
〒407-0054 山梨県韮崎市滑哲町折居164-27 Yamanashi, (JP)

(54)Title: APPARATUS FOR PLASMA PROCESSING

(54)発明の名称 プラズマ処理装置

(57) Abstract

An apparatus for plasma processing includes a first electrode (21) connecting a high-frequency power supply (40) to a chamber and a second and opposite electrode (5), between which a wafer (W) to be processed is placed. A material (51) capable of absorbing harmonics originating from the high-frequency power supply (40) is in contact with edges or peripheries of the first electrode (21) opposed to the second electrode (5) so as to absorb harmonics reflected by a high-frequency absorber before returning to the high-frequency power supply. The generation of standing waves attributed to harmonics is thus effectively prevented, producing a plasma of uniform density.



本発明のプラズマ処理装置は、チャンバー内に高周波電源（４０）を接続する第１の電極（２１）に、対向するように第２の電極（５）を配置して、これらの電極間に被処理基板（Ｗ）を置く。第２の電極（５）に対向する第１の電極（２１）の面の端部領域または周面に接触し、高周波電源４０の高調波電力を吸収可能な高調波吸収部材（５１）を設け、高周波電源に戻る前に高周波吸収部材で反射した高調波を吸収する。これにより、高調波による定在波の発生を有効に防止し、その結果プラズマ密度を均一化する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AG	アンティグア・バーブーダ	DZ	アルジェリア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AL	アルバニア	EE	エストニア	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LK	スリ・ランカ	SG	シンガポール
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AU	オーストラリア	FR	フランス	LS	レソト	SK	スロヴァキア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BE	ベルギー	GE	グルジア	MA	モロッコ	TD	チャード
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MC	モナコ	TG	トーゴ
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BJ	ベナン	GN	ギニア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BR	ブラジル	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TR	トルコ
BY	ベラルーシ	GW	ギニア・ビサウ		共和国	TT	トリニダード・トバゴ
CA	カナダ	HR	クロアチア	ML	マリ	TZ	タンザニア
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	UA	ウクライナ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
CH	スイス	IE	アイルランド	MW	マラウイ	US	米国
CI	コートジボアール	IL	イスラエル	MX	メキシコ	UZ	ウズベキスタン
CM	カメルーン	IN	インド	MZ	モザンビーク	VN	ヴェトナム
CN	中国	IS	アイスランド	NE	ニジェール	YU	ユーゴスラヴィア
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NL	オランダ	ZA	南アフリカ共和国
CU	キューバ	JP	日本	NO	ノールウエー	ZW	ジンバブエ
CY	キプロス	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド		
CZ	チェコ	KG	キルギスタン	PL	ポーランド		
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	PT	ポルトガル		
DK	デンマーク	KR	韓国	RO	ルーマニア		

## 明 細 書

## プラズマ処理装置

## 技術分野

本発明は、半導体基板等の基板にプラズマ処理によるエッチングや成膜を施すプラズマ処理装置に関する。

## 背景技術

一般に、半導体デバイスを製造するためのプロセスの中には、エッチングやスパッタリング成膜、CVD成膜（化学気相成長）等のプラズマ処理が多く用いられている。

このようなプラズマ処理を行うための装置としては、種々のものが知られているが、その中でも容量結合型平行平板プラズマ処理装置が主流となっている。

このプラズマ処理装置は、減圧しているチャンバー内に一對の平行平板電極（上部および下部電極）を配置している。そして、その電極間に被処理体となる半導体ウエハを置き、チャンバー内にプロセスガス（処理ガス）を導入するとともに、電極の一方に高周波電力を印加する。そして、これらの電極間に高周波電界が発生するに伴い、処理ガスからなるプラズマを形成して、半導体ウエハに対してプラズマ処理が施される。

このようなプラズマ処理装置により半導体ウエハ上に形成された例えば酸化膜をエッチングする場合には、チャンバー内を中圧して、中密度プラズマを形成することにより、最適なラジカル制御が可能であり、それによって適切なプラズマ状態を得ることができ、高い選択比で、安定性および再現

性の高いエッチングを実現している。

しかし、さらなる小型化に伴う超集積化の要求が高まり、デザインルールにおいても微細化が求められ、細くて深いホール形状、即ち、アスペクト比のより高いものが要求されている。このため、酸化膜のエッチング等においても従来の技術では必ずしも十分とはいえなくなりつつある。

そこで、印加する高周波電力の高周波数化を図り、良好なプラズマの解離状態を維持しつつ、高密度なプラズマを発生させることが試みられている。これにより、より低圧の条件下で適切なプラズマを形成することができるため、さらなるデザインルールの微細化に対応することが可能となる。

しかし、前述したような従来のプラズマ処理装置においては、上部電極が導電体または半導体により形成されるため、その上部電極に印加する周波数を高くすると、電極表面のインダクタンスが無視できないくらいに大きくなり、対向する方向での電界分布が不均一になる問題があった。

また、このような高周波数化によるプラズマの高密度化は、プラズマの非線形性の特性が顕著に現れ、プラズマからの反射波に高調波が乗りやすくなり、特に経験により電極径が250mm～300mmの場合には、このような高調波により電極表面に定在波が生成され、電極表面の電界分布が不均一になることが判明した。

このように電界分布が不均一になるとプラズマ密度が不均一となり、その結果、エッチングレート分布が不均一となる。従って、上記電界分布不均一の原因を取り除いてエッチング

レート分布を均一にすることが必要となる。

しかしながら、従来、このような高密度プラズマを用いた場合の問題点が必ずしも明確に認識されていたわけではなく、上記のような電界分布不均一を解消しようとする試みは未だ十分にはなされていない。

また従来のプラズマ処理装置において、上部電極への高周波電力の給電は、給電棒を介して行っており、給電棒の周囲をチャンバーと略同一寸法の箱で覆って電磁波を遮蔽している。

しかし、給電棒のインダクタンスが非常に大きいため、プラズマ密度を高くするために上部電極へ供給する高周波電力の周波数を高くすると、プラズマからの反射波の高調波が給電棒のインダクタンス成分のために反射され、さらに給電棒が設置されている箱の中のいたるところで反射し、その反射した高調波がプラズマに接触している上部電極表面に戻る。

電極径が250mm～300mmの場合に、このような高調波により電極表面に定在波が生成されやすく、このような定在波が生じると電極表面の電界分布が不均一になる。

さらに、給電棒は上部電極の裏面の中心位置に設けられているが、高密度プラズマを形成するために周波数を上昇させると、高周波電流は電極の表面しか流れないようになり、給電棒から上部電極に供給された高周波電力は、電極裏面を通過して円形の電極の外周方向に至り、電極のプラズマ接触面を外周から中心に向けて徐々に供給される。

また、上部電極の外周部分は絶縁体（容量成分）で囲まれ

ており、絶縁体の外側のチャンバーは接地されている。このため、上部電極のプラズマ接触面で干渉作用により定在波が形成され、電極径方向での電界分布が不均一になる。このような電界分布の不均一によりプラズマ密度が不均一となり、さらにはエッチングレート分布が不均一となるため、いずれかの電界分布不均一の原因を取り除いてエッチングレート分布を均一にすることが必要となる。

しかしながら、従来、このような高密度プラズマを用いた場合の問題点が必ずしも明確に認識されていたわけではなく、上記のような電界分布不均一を解消しようとする試みは未だ十分になされていないのが現状である。

#### 発明の開示

本発明は、より微細化に対応可能な高密度プラズマを用いたプラズマ処理において、電極表面における電界分布の不均一を小さくしてプラズマ密度を均一化することが可能なプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

本発明は、前記目的を達成するために、被処理基板が収容されるチャンバーと、チャンバー内に対向するように設けられた第1および第2の電極と、前記第1の電極に高周波を印加する高周波電力印加手段と、前記第2の電極と対向する前記第1の電極の面の端部領域又は周面に接触して配置され、前記高周波電力印加手段の高周波電力の高調波を吸収する高調波吸収部材と、前記チャンバー内を所定の減圧状態に維持する排気手段と、前記チャンバー内に処理ガスを導入する処理ガス導入手段と、を具備し、前記第1の電極または第2の

電極のいずれかに前記被処理基板を支持させた状態で、前記第 1 の電極および第 2 の電極間に高周波電界を形成することにより処理ガスのプラズマを形成させ、高周波電力により発生した高調波を前記高調波吸収部材で吸収しつつ、このプラズマにより前記被処理基板にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置を提供する。

この本発明のプラズマ処理装置は、第 1 の電極に高周波を印加するとともに、この第 1 の電極の第 2 の電極に対向する面の端部領域または第 1 の電極の局面に接触して、高周波電力印加手段の周波数の高調波を吸収する高調波吸収部材を配置して、プラズマから反射した高調波が高周波電源に戻る前に高周波吸収部材で吸収する。これにより、高調波による定在波の発生を防止し、定在波に起因する電極表面における電界分布の不均一を小さくしてプラズマ密度を均一化する。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマエッチング装置を示す断面図である。

図 2 は、高周波印加電極に定在波が形成される原因を説明するための模式図である。

図 3 は、高調波吸収部材の配置の例を示す断面図である。

図 4 は、高調波吸収部材として厚さ 7 mm のフェライト焼結体を用いた場合の反射減衰量の周波数特性を示す図である。

図 5 は、高調波吸収部材として厚さ 4.5 mm のフェライト焼結体を用いた場合の反射減衰量の周波数特性を示す図である。

図 6 は、第 2 の実施形態に係るエッチング装置を示す断面図である。

図 7 は、上部電極における高周波電力の供給系路を模式的に示す断面図である。

図 8 は、上部電極における高周波電力の供給系路を模式的に示す底面図である。

図 9 は、第 2 の実施形態における上部電極の第 1 の例を模式的に示す断面図である。

図 10 は、第 2 の実施形態における上部電極の第 2 の例を模式的に示す断面図である。

図 11 は、第 2 の実施形態における上部電極の第 2 の例の高周波電力の経路を示す図である。

図 12 は、第 2 の実施形態における上部電極の第 3 の例を模式的に示す断面図である。

図 13 は、第 2 の実施形態における上部電極の第 4 の例を模式的に示す断面図である。

図 14 は、第 2 の実施形態における上部電極の第 5 の例を模式的に示す断面図である。

図 15 は、第 2 の実施形態における上部電極の第 6 の例を模式的に示す断面図である。

図 16 は、第 3 の実施形態に係るプラズマエッチング装置を示す断面図である。

図 17 A, 17 B は、第 3 の実施形態の原理を説明するための模式図である。

図 18 は、第 4 の実施形態に係るプラズマエッチング装置



を示す断面図である。

図 19 は、第 5 の実施形態に係るプラズマ処理装置を示す断面図である。

図 20 は、第 5 の実施形態に係るプラズマ処理装置における給電棒および導電性の筒状部材の等価回路を示す図である。

図 21 は、第 5 の実施形態に係るプラズマ処理装置における上部電極上面（電極支持体上面）および導電性の板状部材の等価回路を示す図である。

図 22 は、第 6 の実施形態に係るプラズマ処理装置を示す断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。

図 1 は本発明の第 1 の実施形態に係るプラズマ処理装置を模式的に示す断面図である。

このプラズマ処理装置 1 は、2 つの電極板が対向（平行に正面から向かい合う位置）し、一方にプラズマ形成用電源が接続された容量結合型平行平板エッチング装置として構成されている。

このエッチング処理装置 1 は、例えば表面がアルマイト処理（陽極酸化処理）されたアルミニウムからなる円筒形状に成形されたチャンバー 2 を有している。このチャンバー 2 は、接地されている。

前記チャンバー 2 内の底部には、セラミック等からなる絶縁板 3 を介して、被処理体、例えば半導体ウエハ（以下「ウ

エハ」という) Wを載置するためのほぼ円柱状のサセプタ支持体 4 が設けられている。さらにこのサセプタ支持体 4 の上には、下部電極を構成するサセプタ 5 が設けられている。このサセプタ 5 にはハイパスフィルタ (H P F) 6 が接続されている。

前記サセプタ支持体 4 の内部には、冷媒室 7 が設けられており、この冷媒室 7 には、例えば液体窒素などの冷媒が冷媒導入管 8 を介して導入されて循環し、その冷熱が前記サセプタ 5 を介して前記ウエハ W に伝わり、ウエハ W の処理面が所望の温度に制御される。

前記サセプタ 5 は、その上面中央部が凸状になるような円板状に成形され、その上にウエハ W と略同形の静電チャック 1 1 が設けられている。静電チャック 1 1 は、絶縁材からなる本体の中に電極 1 2 が埋め込まれており、電極 1 2 に接続された直流電源 1 3 から例えば、1 . 5 k V の直流電圧が印加されることにより、例えばクーロン力によってウエハ W を静電吸着する。

そして、前記絶縁板 3、サセプタ支持体 4、サセプタ 5、さらには前記静電チャック 1 1 には、ウエハ W の裏面に、伝熱媒体、例えば H e ガスなどを供給するためのガス通路 1 4 が形成されており、この伝熱媒体を介してサセプタ 5 の冷熱がウエハ W に伝達され、ウエハ W が所定の温度に維持されるようになっている。前記サセプタ 5 の上面の外周部には、静電チャック 1 1 上に載置されたウエハ W を囲むように、環状のフォーカスリング 1 5 が配置されている。このフォーカ

スリング 15 は、シリコンなどの導電性材料から形成され、これによりエッチングの均一性が向上される。

前記サセプタ 5 は下部電極として機能し、その上方には、対向するように上部電極 21 が設けられている。

以下、下部電極となるサセプタ 5 と上部電極 21 とが対向するそれぞれの面を対向面と称する。また、対向していない面（対向面の裏側の面）を非対向面と称する。

上部電極 21 の対向面は、多数の吐出孔 24 が形成された電極板 23 となっており、この電極板 23 は、導電性材料、例えば表面がアルマイト処理されたアルミニウムからなる水冷構造の電極支持体 22 に固定されている。以下の各実施形態では、電極板 23 と電極支持体 22 とで上部電極 21 が構成されているものとする。

この上部電極 21 の外周面に沿ってはめ込むようにリング形状の絶縁材 25 が設けられている。

また、電極板 23 及び絶縁材 25 の対向面側の外周部に接触するようにリング形状の高調波吸収部材 51 が設けられており、さらに、電極板 23 及び絶縁材 25 に架かり、この高調波吸収部材 51 を覆うようにリング形状の絶縁材 52 が設けられている。

よって上部電極 21 が絶縁材 52 に嵌め込まれた形でチャンバー 2 に固定されている。なお、サセプタ 5 と上部電極 21 とは、10～60mm 程度はなれている。

高調波吸収部材 51 は、例えば、磁気共鳴損失効果を利用して、プラズマから反射した高周波電力による高調波を吸収

し、又は減衰させる機能を有している。この高調波を吸収する材料としては、フェライトが知られており、高調波吸収部材 5 1 にフェライトを含むものを用いる。この高調波吸収部材 5 1 の厚さおよび材質を変化させることにより吸収する周波数帯を調整することが可能である。

また、異なる周波数特性を持つものを積層して高調波吸収部材 5 1 を構成することにより吸収する周波数帯を広げることができる。このようにして所望の周波数の高調波を吸収させて減衰させることにより、定在波を防止させる。

前記上部電極 2 1 における電極支持体 2 2 には、ガス導入口 2 6 が設けられ、このガス導入口 2 6 には、ガス供給管 2 7 が接続されている。さらに、このガス供給管 2 7 には、バルブ 2 8、並びにマスフローコントローラ 2 9 を介して、処理ガス供給源 3 0 が接続されている。そして処理ガス供給源 3 0 から、プラズマ処理、例えばエッチングのための処理ガスが供給される。

処理ガスとしては、従来用いられている種々のものを採用することができ、例えばフロロカーボンガス ( $C_x F_y$ ) やハイドロフロロカーボンガス ( $C_p H_q F_r$ ) のようなハロゲン元素を含有するガスを好適に用いることができる。勿論、他に  $A_r$ 、 $H_e$  等の希ガスや  $N_2$  を添加してもよい。

前記チャンバー 2 の底部には排気管 3 1 が設けられており、この排気管 3 1 には排気装置 3 5 が接続されている。排気装置 3 5 はターボ分子ポンプなどの真空ポンプを備えており、これによりチャンバー 2 内を所定の減圧雰囲気、例えば  $1 P$

a 以下の所定の圧力まで真空引き可能になる。

また、チャンバー 2 の側壁にはゲートバルブ 3 2 が設けられており、このゲートバルブ 3 2 を開にした状態でウエハ W が隣接するロードロック室（図示せず）との間で搬送されるようになっている。

上部電極 2 1 には、整合器 4 1 を介して、プラズマ形成用の高周波電源 4 0 が接続されており、その際の給電は上部電極 2 1 の非対向面の中央に接続された給電棒 3 3 により行われる。

また、上部電極 2 1 にはローパスフィルタ（L P F）4 2 が接続されている。この高周波電源 4 0 は、2 7 M H z 以上の周波数を有しており、このように高い周波数を印加することによりチャンバー 2 内に好ましい解離状態で、且つ高密度のプラズマを形成することができ、低圧条件下のプラズマ処理が可能となる。

この例では、高周波電源 4 0 としては 6 0 M H z のものを用いている。下部電極としてのサセプタ 5 には、高周波電源 5 0 が接続されており、その給電線には整合器 5 1 が介在されている。

この高周波電源 5 0 は、1 0 0 k H z ~ 1 0 M H z の範囲の任意の周波数の高周波電力を出力し、このような範囲の周波数を印加することにより、ウエハ W に対してダメージを与えることなく適切なイオン作用を与えることができる。この例では、2 M H z の高周波電源を用いている。

次に、以上のように構成されるプラズマエッチング装置 1

における処理動作について説明する。

まず、ウェハWは、ゲートバルブ32が開放された後、図示しないロードロック室からチャンバー2内へと搬入され、静電チャック11上に載置される。そして、高圧直流電源13から直流電圧が印加されることによって、ウェハWが静電チャック11上に静電吸着される。

次いで、ゲートバルブ32が閉じられ、排気装置35によって、チャンバー2内が所望の真空度まで真空引きされる。

その後、バルブ28が開放されて、処理ガス供給源30から処理ガスがマスフローコントローラ29によって、ガス流量が調整されつつ、処理ガス供給管27、ガス導入口26を通過して上部電極21の内部へ導入される。さらに電極板23の吐出孔24を通過して、図1の矢印に示すように、ウェハWに対して均一に吐出され、チャンバー2内の圧力が所定の値に維持される。

そして、高周波電源40から27MHz以上、例えば60MHzの高周波電力が上部電極21に印加される。これにより、上部電極21と下部電極となるサセプタ5との間に高周波電界が生じ、処理ガスが解離してプラズマ化し、このプラズマにより、ウェハWに対してエッチング処理が施される。

他方、高周波電源50からは、100kHz～10MHzの範囲で、例えば2MHzの高周波電力がサセプタ5に印加される。これにより、プラズマ中のイオンがサセプタ5側へ引き込まれ、イオンアシストによりエッチングの異方性が高められる。

このように、上部電極 2 1 に印加する高周波電力の周波数を 2 7 M H z 以上とすることにより、プラズマ密度を上げることができる。しかし、これだけでは課題で述べたように、プラズマからの反射波の高調波により電極板 2 3 下面に定在波が生成され、電極板 2 3 下面での電界の不均一が生じる。

すなわち、2 7 M H z 以上の高周波を使用した場合、プラズマで印加周波数の  $n$  倍の高調波が発生しやすくなり、この高調波が上部電極 2 1 から高周波電源に戻るとき、図 2 に示すように、上部電極 2 1 と絶縁材 2 5 との境目の A, B で示す部分や、給電位置である C で示す部分等で反射し、これらと上部電極 2 1 の中心である D で示す位置との間で定在波を発生させる。

この定在波の波長がある高調波の波長  $\lambda$  の  $1/4$  倍、すなわち  $\lambda/4$  と一致する場合は、上部電極 2 1 の中心付近でプラズマ密度が高くなり、不均一なプラズマを生成させる原因となる。例えば、高周波電源 4 0 として周波数 6 0 M H z のものを使用した場合、波長は 5 m であり、A - D 間距離を約 0. 1 4 m とすると、計算上 A - D 間で 9 次の高調波が発生しやすくなる。

高周波経路材料の誘電率の  $1/2$  乗に比例する波長短縮率を考慮すると 3 ~ 6 次程度の高調波が発生しやすくなる。ただし、A - D 間の距離が約 0. 0 7 m の場合には、1 3. 5 6 M H z の高周波でも同様の問題が生じると考えられる。

これに対して、本実施形態では、電極板 2 3 の対向面側に高調波吸収部材 5 1 を設けることにより、高周波電源 4 0 に

戻る高調波を吸収して、定在波の形成を防止している。

なお、このように高調波吸収部材 5 1 をリング形状とすることにより、高調波吸収効果を高めることができるので好ましいが、勿論、その形状はリング状に限定するものではない。また、この高調波吸収部材 5 1 を、図 3 に示すように上部電極 2 1 の外周面に設けても同様の効果を得ることができる。

このような高調波吸収部材 5 1 として、フェライト焼結体を用いた場合、上述したように磁気共鳴損失効果により高調波を吸収して減衰させることができる。この場合に、高調波吸収部材 5 1 の厚さによって減衰させることができる周波数帯がシフトし、厚さが半分になると減衰可能周波数は 2 倍程度となる。

例えば、厚さ 7 mm では、図 4 に示すように 200 ~ 800 MHz の高調波を 20 dB 減衰させることができる。また、厚さ 4.5 mm では、図 5 に示すように 700 MHz ~ 3 GHz の高調波を 20 dB 減衰させることができる。また、異なる周波数特性を持つフェライトを積層することにより減衰可能周波数帯を広げることが可能であり、例えば前記厚さ 7 mm のものと前記 4.5 mm のものとを積層した場合には、200 MHz ~ 3 GHz の広い周波数帯の高調波を減衰させることができる。

なお、第 1 の実施形態に限定されることなく、種々変形可能である。

例えば、第 1 の実施形態では、上部電極に 27 MHz 以上の高周波電力を印加した場合について示したが、27 MHz



より低い場合であっても有効である。

また、上下電極に高周波電力を印加したが、上部電極のみに周波数の高い高周波電力を印加するタイプであってもよい。さらに、下部電極に周波数の高い高周波電力を印加するタイプの装置にも適用することができ、この場合には、下部電極の上部電極に対向する面の端部領域または下部電極の周面に接触して高調波吸収部材を配置すればよい。

さらにまた、被処理基板として半導体ウエハを用い、これにエッチングを施す場合について説明したが、これに限らず、処理対象としては液晶表示装置（LCD）基板等の他の基板であってもよく、またプラズマ処理もエッチングに限らず、スパッタリング、CVD等の他の処理であってもよい。

本実施形態によれば、第1の電極に高周波電力を印加するとともに、この第1の電極の第2の電極に対向する面の端部領域または第1の電極の周面に接触して、高周波電力印加手段の周波数の高調波を吸収する高調波吸収部材を配置するので、プラズマから反射した高調波は、電極を通り、高周波電源に戻る前にこの高周波吸収部材に達し、そこで高調波は吸収される。

従って、高調波による定在波の発生を有効に防止することができ、定在波に起因する電極表面における電界分布の不均一を小さくしてプラズマ密度を均一化することが可能となる。

図6は、本発明によるプラズマ処理装置の第2の実施形態として、容量型平行平板エッチング処理装置に用いた構成例を示している。ここでは、本実施形態の構成部位においては、

要旨となる特徴部分についてのみ説明し、図 1 に示した第 1 の実施形態の構成部位と同等の部位には同じ参照符号を付して、その説明を省略する。

このエッチング処理装置 102 の上部電極 21 は、外周面に沿ってリング状にカバーする絶縁材 25 を介して、チャンバー 2 の内部上方にサセプタ 5 と対向するように取り付けられる。この上部電極 21 は、多数の吐出孔 24 を有する電極板 23 と、電極支持体 22 とが一体的となって構成されている。

この実施形態は、前述した第 1 の実施形態における高調波吸収部材 51 や絶縁材 52 は備えておらず、絶縁材 25 により直接的にチャンバー 2 に取り付けられている構成である。これ以外の構成は、前述した第 1 の実施形態と同等である。

この上部電極 21 の構成について詳細に説明する。

上部電極 21 の電極板 23 は、通常、Si や SiC 等の導電体または半導体で構成されており、高周波電源 40 から給電棒 33 を介して供給される高周波電力が高周波数化すると、表皮効果が生じて電極表面にしか電力が供給されず、図 7 に示すように、電力は給電棒 33 の表面、電極支持体 22 の上面、電極支持体 22 の側面、電極板 23 の側面を通してプラズマ接触面である電極板 23 の下面に達する。

この場合に、給電棒 33 は上部電極 21 の非対向面の中心に接続しているため、電極板 23 の対向面側のエッジ部では、どこでも電力が同じ位相であり、図 8 に示すように、電極板 23 のエッジ部から同位相で対向面の中心方向へ徐々に電力

が供給される。このため、電極板 2 3 の中心部とエッジ部とでは位相差  $d / \lambda$  ( $\lambda$  は電極表面波の波長、 $d$  は電極の半径) が生じる。

そして、印加する高周波電力の周波数が高くなると、電極板 2 3 がサセプタ 5 と対向する方向のインダクタンス ( $L \omega$   $j \Omega$ ) が無視できなくなり、位相差  $d / \lambda$  による干渉作用によって、電極板 2 3 の対向面の中央部分のインピーダンスが低くなるため、電極板 2 3 の対向面の中心部分の電界強度がエッジ部分の電界強度よりも高くなる。また、中心位置はプラズマと接しているため、R F 等価回路的には開放端となっている。

従って、プラズマへ供給される電界分布が定在波的となり、プラズマ密度の不均一を生じる。

このようなプラズマ密度の不均一を解消するために、第 1 の例として、図 9 に示すように、電極板 2 3 の対向面側、例えば  $50 \text{ m} \Omega \cdot \text{cm}$  程度の低抵抗の導電体または半導体からなる外周側部分 6 1 と、誘電体からなる中央部分 6 2 とにより構成する。このように誘電体により中央部分 6 2 を構成することにより、その部分においてプラズマとの間の容量成分が付加されることとなる。ここで、インピーダンス  $Z$  は、

$$Z = L \omega - (1 / C \omega) j \quad (\text{ただし、} \omega = 2 \pi f \\ (f : \text{周波数}))$$

で表すことできるから、誘電体部材 6 2 の容量  $C$  により、インピーダンス  $Z$  における径方向のインダクタンス成分 ( $L \omega$ ) を容量成分 ( $-1 / C \omega$ ) で打ち消すことができる。

従って、電極板 2 3 の対向面中央部において、位相によるインピーダンス  $Z$  の大きさの変化をほとんど無くすることができ、電極板 2 3 の対向面中央部の電界強度を低下させ、電極下面からプラズマへ印加される電界が均一になってプラズマ密度を均一にすることができる。

なお、この際の誘電体からなる中央部分 6 2 の径は、電極 2 1 の直径が 3 0 0 m m  $\phi$  の場合には、1 0 ~ 5 0 m m  $\phi$  が好ましい。また、中央部分 6 2 を構成する誘電体 6 2 の誘電率は、インダクタンス成分  $L\omega$  を打ち消すことができる値であればよく、例えば誘電率 3 程度のポリイミド系樹脂を用いることができる。さらに、外側部分 6 1 としては、従来から電極板材料として使用されている  $Si$ 、 $SiC$  等の導体または半導体を用いることができる。

次に、上部電極 2 1 の第 2 の例について説明する。

この第 2 の例では、図 1 0 に示すように、電極板 2 3 を、例えば 5 0 m  $\Omega \cdot cm$  程度の低抵抗の導電体または半導体からなる外周側部分 6 3 と、例えば 1 ~ 1 0 0  $\Omega \cdot cm$  の相対的に抵抗が高い高抵抗部材からなる中央部分 6 4 とにより構成する。

このように高抵抗部材で中央部分 6 4 を構成することにより、その部分で電力が供給される部分の厚さ、いわゆるスキndeップス  $\delta$  が変化する。つまり、スキndeップス  $\delta$  は、 $\delta = (2 / \omega \sigma \mu)^{1/2}$  (ただし、 $\sigma$  : 導電率、 $\mu$  : 透磁率) と表すことができ、抵抗が大きくなって導電率  $\sigma$  が低下するとスキndeップス  $\delta$  が大きくなる。

そして、高抵抗部材 6 4 のスキンドープス  $\delta$  が、その厚さよりも大きくなると、図 1 1 に示すように高抵抗部材 6 4 において高周波電力がその裏面（非対向面側）にも回り込んで供給されることとなり、高周波電力が高抵抗部材 6 4 の裏面側から下面に達するまでの間にジュール熱となって放出されることとなる。

これにより、電極板 2 3 下面中央部において電界強度が低下することとなる。従って、電極板 2 3 の対向面の電界強度が均一となり、結果として上部電極の対向面からプラズマへ印加される電界が均一になってプラズマ密度を均一にすることができる。

なお、この際の高抵抗部材からなる中央部分 6 4 の直径は、電極 2 1 の直径が 3 0 0 m m  $\phi$  の場合に 5 0 ~ 2 2 0 m m  $\phi$  であることが好ましい。中央部分 6 4 を構成する高抵抗部材は、ボロン等のドーパントの量を調整するだけで抵抗を調整することができることから S i で構成することが好ましい。

また、外周側部分 6 3 としては、従来から電極板材料として使用されている S i , S i C 等の導体または半導体を用いることができるが、電極板 2 3 全体を S i で構成し、ドーパント、例えばボロンのドーパ量を変化させることにより外周側部分 6 3 および高抵抗部材 6 4 を形成することがより簡単である。

次に、上部電極 2 1 の第 3 の例について説明する。

この例では、図 1 2 に示すように、電極板 2 3 の非対向面側中央に接するように誘電体部材 6 5 を設けている。ここで

は、電極板 2 3 として、例えば  $1 \sim 100 \Omega \cdot \text{cm}$  の範囲の高抵抗の導電体または半導体を用い、スキンドープス  $\delta$  が電極板 2 3 の厚さよりも厚くなるようにする。

これにより、高周波電力は、電極板 2 3 の裏面側にも供給されるようになり、このように誘電体部材 6 5 を電極板 2 3 の裏面中央部に配置することにより、その部分においてプラズマとの間の容量成分が付加されることとなる。

従って、第 1 の例と同様、インピーダンス  $Z$  における径方向のインダクタンス成分 ( $L\omega$ ) を容量成分 ( $-1/C\omega$ ) で打ち消すことができる。このため、電極板 2 3 の対向面中央部において位相によるインピーダンス  $Z$  の大きさの変化が小さくなり、電極板 2 3 対向面中央部の電界強度が低下し、電極対向面からプラズマへ印加される電界が均一になって、プラズマ密度を均一にする。

この第 3 の例の場合には、前述した第 1 および第 2 の例のように、電極板 2 3 を 2 体化する必要がなく、従来と同様の一体的な導体または半導体からなる電極板を使用することができる。

なお、この際の誘電体部材 6 5 の径は、電極 2 1 の直径が  $300 \text{ mm } \phi$  の場合には、 $50 \sim 220 \text{ mm } \phi$  が好ましい。また、誘電体部材 6 5 の誘電率は、 $L\omega$  を打ち消すことができる大きさであればよく、例えば誘電率 3 程度のポリイミド系樹脂を適用することができる。

次に、上部電極 2 1 の第 4 の例について説明する。

この例では、図 1 3 に示すように、電極板 2 3 の裏面側中

央に接するように高抵抗部材 6 6 を設けている。ここでは、電極板 2 3 として例えば  $1 \sim 100 \Omega \cdot \text{cm}$  の範囲の高抵抗のものをを用い、スキンドープス  $\delta$  が電極板 2 3 の厚さよりも厚くなるようにする。

これにより、高周波電力は電極板 2 3 の非対向面側にも供給されるようになり、このように高抵抗部材 6 6 を電極板 2 3 の裏面中央部に配置することにより、その部分に供給された高周波電力が高抵抗部材 6 6 においてジュール熱として放出され、これにより、電極板 2 3 の対向面中央部において電界強度が低下することとなる。したがって、電極板 2 3 の対向面の電界強度が均一となり、結果として電極対向面からプラズマへ印加される電界が均一になってプラズマ密度を均一にすることができる。この第 4 の例の場合にも、第 1 および第 2 の例のように電極板 2 3 を 2 体化する必要がなく、従来と同様の一体的な導体または半導体からなる電極板を使用することができる。

なお、この際の高抵抗部材 6 6 の直径は、電極 2 1 の直径が  $300 \text{ mm } \phi$  の場合に  $50 \sim 220 \text{ mm } \phi$  であることが好ましい。高抵抗部材 6 6 は Si で構成することによりボロン等のドーパントの量を調整するだけで抵抗を調整することができるので好ましい。

次に、上部電極 2 1 の第 5 の例について説明する。

この例では、図 1 4 に示すように、電極板 2 3 の対向面上に絶縁層 6 7 を形成している。この絶縁層 6 7 は、例えばセラミックスの溶射等により形成することができるか、その形

成方法は問わない。このように絶縁層 6 7 を形成することにより、プラズマと電極板 2 3 とが絶縁層 6 7 を介して容量結合することとなる。

従って、R F 等価回路的には、電極板 2 3 とプラズマとの間に多数のコンデンサが並列に存在している状態となり、結果としてサセプタ 5 と電極板 2 3 が対向する方向のインダクタンス成分 ( $L\omega$ ) を絶縁層 6 7 の容量成分 ( $-1/C\omega$ ) で打ち消すことができる。

よって、電極板 2 3 の対向面において位相によるインピーダンス  $Z$  の大きさの変化をほとんどなくすることができ、電極の対向面からプラズマへ印加される電界が均一になってプラズマ密度を均一にすることができる。

なお、この際の絶縁層 6 7 は、インダクタンス成分 ( $L\omega$ ) を打ち消すことができる程度の容量となるように、その材料および厚さが設定される。

ところで、上部電極 2 1 の電極板 2 3 の対向面の電界分布が不均一になるのは、前述したような印加周波数を上昇させた際の電極表面のインダクタンスの対向する方向の変化に起因するばかりでなく、プラズマの非線形性の特性が顕著に現れ、プラズマからの反射波の高調波が増加し、このような高調波により電極表面に定在波が生成されることによっても生じる。

つまり、プラズマから高周波電力の反射波には多数の高調波が含まれており、これら高調波は、さらに給電棒 3 3 のインダクタンス成分のため反射されるが、電極径が 250 ~ 3



00 mm  $\phi$  となると、高調波の中にはこれと定在波を形成する波長のものが含まれているため、電極板 23 の対向面に定在波が形成されて電極板 23 表面中心部で電界強度が大きくなってしまう。

そこで、上部電極 21 の第 6 の例では、図 15 に示すように、電極板 23 の非対向面側の中央部に接するように、例えばフェライト焼結体のような、電磁波吸収効果を有する部材 68 を設ける。このような部材 68 によりプラズマからの高調波を吸収する。これにより定在波が解消され、電極板 23 の対向面の電界分布が均一となり、プラズマ密度を均一にすることができる。

この場合に、電磁波吸収効果を有する部材 68 としては、プラズマからの高調波は吸収するが、高周波電力の周波数は吸収しない特性を有するものを用いる。部材 68 の吸収周波数領域は、材料および組成によって調整することができる。

以上説明した第 2 の実施形態における第 1 ～第 6 の例の上部電極は、印加周波数が 27 MHz 以上で、プラズマ密度が  $1 \times 10^{11}$  個 /  $\text{cm}^3$  以上の高密度の場合に特に有効である。

次に、第 2 の実施形態によるエッチング装置に用いて、ウエハ W に形成された酸化膜をエッチングする例について説明する。

前述した第 1 の実施形態と、同様に、ウエハ W をチャンバ ー 2 内へ搬入し、静電チャック 11 上に静電吸着される。そしてチャンバ ー 2 内が所定の真空度まで真空引きされた後、

処理ガスがチャンバー 2 内に導入され、所定の圧力下でウェハ W に対して均一に吐出される。

その後、高周波電源 40 から例えば 60 MHz の高周波電力が上部電極 21 に印加される。これにより、上部電極 21 とサセプタ（下部電極）5 との間に高周波電界が生じ、処理ガスが解離してプラズマ化する。また、高周波電源 50からは、1 ~ 4 MHz、例えば 2 MHz の高周波が下部電極であるサセプタ 5 に印加される。これにより、プラズマ中のイオンがサセプタ 5 側へ引き込まれ、イオンアシストによりエッチングの異方性が高められる。

一般に上部電極 21 に印加する高周波の周波数を 27 MHz よりも高くすると、プラズマ密度を上げることができるが、従来の上部電極構造では、前述したように高調波による定在波で電極板 23 対向面での電界の不均一が生じる。

本実施形態では、上部電極 21 を前述した第 1 ~ 第 6 の例に示すいずれかの構造にすることによって、これら電極板 23 の対向面での電界の不均一の原因のいずれかを解消することができる。従って、電極板 23 の対向面における電界分布を従来よりも均一にすることができ、プラズマ密度をより均一化することができる。

すなわち、上記上部電極構造を採用することにより、高周波電力の周波数が上昇し、プラズマ密度が上昇した際に生じる特有の問題を解消することができ、高密度でありながら均一なプラズマを形成することができる。

従って、エッチングの均一性が向上し、一層のデザインル

ールの微細化に適切に対応することが可能となる。

また、印加周波数が  $27\text{ MHz}$  以上で、プラズマ密度が  $1 \times 10^{11}$  個 /  $\text{cm}^3$  以上の場合に不均一になるという問題が生じやすく、本実施形態の上部電極はこの問題解決に特に有効である。

なお、本実施形態は、前述した例だけに限定されることなく、種々変形可能である。例えば、上下電極に高周波電力を印加した例について説明したが、上部電極のみに高周波電力を印加する構成であってもよい。また、上部電極に  $27 \sim 150\text{ MHz}$  の高周波を印加した場合について示したが、この範囲に限るものではない。さらに、被処理基板として半導体ウエハを用いたが、液晶表示装置 (LCD) 基板等の他の基板であってもよく、またプラズマ処理もエッチングに限らず、スパッタリング、CVD等の処理にも適用できる。さらに、上記実施形態で示した上部電極の複数の例のいくつかを併用することも可能である。

図16は、本発明によるプラズマ処理装置の第3の実施形態として、容量型平行平板エッチング処理装置に用いた構成例を示している。ここで、本実施形態の構成部位において、図1に示した第1の実施形態の構成部位と同等の部位には同じ参照符号を付して、その説明を省略する。

このエッチング処理装置103は、前述した第1の実施形態とは、上部電極21側の電極棒を無くし、これをカバーしていたチャンバー部分の形状が異なり、また、上部電極21には、直流のみを通すローパスフィルタ (LPF) 44を紹介

して上部電極 21 の自己バイアス電圧 ( $V_{dc}$ ) を上昇させるための直流電源 43 が接続されている。

尚、整合器 41 内には直列にコンデンサ (図示せず) が設けられているので、高周波電源 40 と直流電源 43 とが衝突することはない。

上部電極 21 の外周面に沿ってリング状に絶縁材 25 が設けられている。さらに、この絶縁材 25 は、その外周面をチャンバー 2 の内側壁に気密可能に取り付けられている。このような構成であるため、第 1 の実施形態における高調波吸収部材 51 は、備えていない。

次に、このように構成されたプラズマエッチング装置 102 における処理動作について説明する。

前述した第 1 の実施形態と、同様に、ウェハ W をチャンバー 2 内へ搬入し、静電チャック 11 上に静電吸着される。そしてチャンバー 2 内が所定の真空度まで真空引きされた後、処理ガスがチャンバー 2 内に導入され、所定の圧力下でウェハ W に対して均一に吐出される。

その後、高周波電源 40 から 27 MHz 以上、例えば 60 MHz の高周波電力が上部電極 21 に印加されて、上部電極 21 とサセプタ 5 間にプラズマが発生して、ウェハ W がエッチングされる。その際に、高周波電源 50 から、例えば 2 MHz の高周波電力がサセプタ 5 に印加され、イオンアシストによる異方性が高いエッチングが行われる。

本実施形態においても前述した第 1 の実施形態と同様に、電極板 23 下面での電界の不均一が生じる。

すなわち、高周波電源 40 による高周波電力の印加のみの場合には、プラズマからの高調波が上部電極 21 の対向面に定在波を形成するため、上部電極の対向面の電界分布が不均一となる。上部電極に印加する高周波電力の周波数が 27 MHz 以上と高くなると、電極の対向面の自己バイアス電圧 ( $V_{dc}$ ) も小さくなり、その結果、図 17A に示すように、上部電極 21 のプラズマシース S の全体の厚さが薄くなるため、定在波による電界分布の不均一に起因して電極中央部のプラズマシースがさらに薄くなることによって、プラズマシース厚の変化の割合が大きくなるとともに、電極表面の自己バイアス電圧が不均一となる。この結果、プラズマの均一性が悪くなる。

これに対して、上部電極 21 に高周波電源 40 から 27 MHz より高い周波数の高周波電力を印加すると共に、直流電源 43 から直流電圧を印加することにより、図 17B に示すように、その直流電圧分だけ自己バイアス電圧 ( $V_{dc}$ ) が上昇して、その寄与分 S1 により、より厚いプラズマシース S' が形成され、自己バイアス電圧 ( $V_{dc}$ ) の不均一およびプラズマシースの不均一が与える影響を小さくすることができる。

このため、プラズマ密度に均一化が生じたとしても、その影響を最小限に抑えることができ、実施レベルにおいては、エッチングレート分布は均一になったと同等に考えることができる。

例えば、高周波電源 40 から上部電極 21 へ、60 MHz、

1 kWの高周波電力を印加した場合、 $V_{dc} = -100\text{ V}$ 程度であり、 $V_{dc}$ のばらつきを $\pm 10\text{ V}$ 程度とすると、ばらつきの割合は $\pm 10\%$ とかなり大きくなって、プラズマの均一性が低くなる。

しかし、直流電源43から、例えば $-400\text{ V}$ を印加した場合、全体の $V_{dc}$ は $-(100 + 400)\text{ V} \pm 10\text{ V}$ となり、 $V_{dc}$ のばらつきの割合は $\pm 2\%$ となって $V_{dc}$ の均一性が向上する。その結果、プラズマの均一性も改善されたと考えることができる。

次に、本発明の第4の実施形態について説明する。

図18は、第4の実施形態として、容量型平行平板エッチング処理装置に用いた構成例を示している。ここで、本実施形態の構成部位において、図16に示した第2の実施形態の構成部位と同等の部位には同じ参照符号を付して、その説明を省略する。

このエッチング処理装置104には、上部電極21に2つの高周波電源が接続されている。一方は、上部電極21にハイパスフィルタ(HPF)72及び整合器71を介してプラズマ形成用の第1の高周波電源70を接続する。他方は、上部電極21にローパスフィルタ75及び整合器74を介して、第2の高周波電源73を接続する。

第1の高周波電源70は、 $2.7\text{ MHz}$ 以上の高い周波数を有しており、このように高い周波数を印加することにより、チャンバー2内に好ましい解離状態で、且つ高密度のプラズマを形成することができ、低圧条件下のプラズマ処理が可能

となる。この例では、60 MHzの高周波電力を出力する第1の高周波電源70を用いている。

また、第2の高周波電源73の高周波電力は、第1の高周波電源70よりも低い周波数の高周波電力を出力し、好適には2～10 MHzがよい。本実施形態では、2 MHzの高周波電力を出力する第2の高周波電源73を用いている。

よって、第2の高周波電源73は、第1の高周波電源70よりも低い周波数の高周波電力を出力することから、上部電極21の自己バイアス電圧(Vdc)を上昇させる機能を有することとなる。

なお、ハイパスフィルタ(HPF)72は、第2の高周波電源73の周波数以下の周波数をカットするためのものであり、ローパスフィルタ(LPF)75は第1の高周波電源70の周波数以上の周波数をカットするものである。

このように構成されるプラズマエッチング装置104においては、基本的には第3の実施形態に係るプラズマエッチング装置103と同様にエッチング処理が行われる。

この場合に、上部電極21に印加する高周波電力の周波数を27 MHz以上とすることにより、プラズマ密度を上げることができるが、これだけでは、プラズマからの反射波の高調波により電極板23の対向面に定在波が生成されることによって、電極板23の対向面での電界の不均一が生じる。

そこで、第3の実施形態における直流電圧印加に代わって、この第4の実施形態では、第2の高周波電源73から第1の高周波電源70よりも低い周波数の高周波電力を上部電極2

1 に印加する。

この第2の高周波電源73から印加される高周波電力による自己バイアス電圧は、第1の高周波電源70から印加される高周波電力による自己バイアス電圧よりも大きい。このため、第1高周波電源70および第2の高周波電源73からのそれぞれの高周波電力が重畳され、前述した実施形態のような第1の高周波電源60からのみ高周波電力を印加する場合よりも極めて高い自己バイアス電圧 ( $V_{dc}$ ) を得ることができ、その寄与分により、図17(b)の場合と同様に、より厚いプラズマシースが形成され、自己バイアス電圧 ( $V_{dc}$ ) の不均一及びプラズマシースの不均一の影響を小さくすることができる。

このため、実質的にプラズマ密度を均一化することができ、エッチングレート分布を均一にすることができる。

これは、第1の高周波電源70から上部電極21へ、60 MHz, 1 kWの高周波電力が印加された例においては、 $V_{dc} = -100$  V程度であり、 $V_{dc}$ のばらつきを $\pm 10$  V程度とすると、ばらつきの割合は $\pm 10\%$ とかなり大きくなって、プラズマの均一性が低くなる。しかし、第2の高周波電源73から上部電極21へ、例えば2 MHz, 500 Wの高周波電力を重畳させた場合には、第2の高周波電源63による $V_{dc}$ は、 $-400$  V程度となり、全体の $V_{dc}$ は、 $-(100 + 400)$  V  $\pm 10$  Vとなり、 $V_{dc}$ のばらつきの割合は $\pm 2\%$ となって $V_{dc}$ の均一性が向上する。その結果、プラズマの均一性も改善される。



なお、この第4の実施形態は、限定されることなく種々変形可能である。

例えば、上下電極に高周波電力を印加した例について説明したが、上部電極21のみに高周波電力を印加する構成であってもよい。

また、被処理基板として半導体ウエハを用いて、ウエハ上に形成された酸化膜をエッチングする例について説明したが、これに限らず、酸化膜以外の絶縁膜やポリシリコン等他のエッチングにも適用することができる。さらに、処理対象は、ウエハに限らず、液晶表示装置（LCD）基板等の他の基板であってもよい。

図19は、本発明によるプラズマ処理装置の第5の実施形態として、容量型平行平板エッチング処理装置に用いた構成例を示している。ここで、本実施形態の構成部位において、図1に示した第1の実施形態の構成部位と同等の部位には同じ参照符号を付して、その説明を省略する。

このエッチング処理装置105は、チャンバー2内の上部電極21の非対向面側の上方に、電磁波を遮蔽するための電磁波遮蔽箱80を設けた構成である。

この構成において、高周波電源40から出力される高周波電力を供給するための給電棒33が上部電極21の電極支持体22に接続される。

この電極支持体22の上方には、近接して導電性の板状部材82が設けられている。筒状部材81と板状部材82とは電氣的に接続されており、また板状部材82は接地されたチ

チャンバー 2 に電氣的に接続されている。

すなわち、筒状部材 8 1 および板状部材 8 2 はチャンバー 2 を介して接地されている。この筒状部材 8 1 により、後述するように、給電棒 3 3 のインダクタンスを低下させることができるるとともに、高調波をグラウンドに落とすことができる。また、板状部材 8 2 においても、上部電極 2 1 のインダクタンスを低下させることができるるとともに、高調波をグラウンドに落とすことができる。

これら以外の構成部位は、前述した第 1 の実施形態と同等である。

次に、このように構成されたエッチング処理装置 1 0 5 における処理動作について説明する。ここでは、ウエハ W に形成された膜をエッチングする場合を例にとって説明する。

前述した第 1 の実施形態と同様に、ウエハ W をチャンバー 2 内へ搬入し、静電チャック 1 1 上に静電吸着される。そしてチャンバー 2 内が所定の真空度まで真空引きされた後、処理ガスがチャンバー 2 内に導入され、所定の圧力下でウエハ W に対して均一に吐出される。

その後、高周波電源 4 0 から 2 7 M H z 以上、例えば 6 0 M H z の高周波電力が上部電極 2 1 に印加され、上部電極 2 1 とサセプタ 5 間にプラズマが発生し、ウエハ W がエッチングされる。その際に、高周波電源 5 0 から、例えば 2 M H z の高周波電力がサセプタ 5 に印加され、イオンアシストによる異方性が高いエッチングが行われる。

前述したように、一般には上部電極 2 1 に印加する高周波

の周波数を 27 MHz よりも高くすることにより、プラズマ密度を上げることができる。しかし、給電棒 33 のインダクタンスが非常に大きいため、プラズマから反射してきた高調波が電磁波遮蔽箱 80 の中のいたるところで反射し、その高調波がプラズマに接触している上部電極 21 の対向面に戻る。特に、電極径が 250 ~ 300 mm  $\phi$  の場合に、このような高調波により電極 21 の対向面に定在波が生成されやすく、このような定在波が生じると電極の対向面の電界分布が不均一になる。

これに対し、本実施形態においては、給電棒 33 の周囲の導電性の筒状部材 81 を給電棒 33 に近接して設けることにより、等価回路的には、図 20 に示すように、給電棒 33 と筒状部材 81 との間には多数のコンデンサが並列に形成されている状態となり、給電棒 33 のインダクタンス成分がこのコンデンサの容量成分によりキャンセルされてインピーダンスが低下し、結果的に給電棒 33 のインダクタンスが低下させる。

また、筒状部材 81 はチャンバー 2 を介して接地されているので、給電棒 33 で反射した高調波が筒状部材 61 を通ってグラウンドへ落ちる。

従って、プラズマからの高調波が給電棒 33 で反射されにくくなり、且つ高調波そのものも減少するので、電極板 23 のプラズマ接触面（対向面）において高調波の反射に起因する定在波が生じにくくなる。

よって、電極板 23 のプラズマ接触面内における電界分布

をより均一とすることができ、その結果プラズマ密度を均一にすることができる。

また、電極支持体 2 2 の非対向面のインダクタンス成分も高調波の反射による定在波形成に寄与するが、電極支持体 2 2 の非対向面に近接して板状部材 8 2 を形成しているので、等価回路的には、図 2 1 に示すように、電極支持体 2 2 と板状部材 6 2 との間に多数のコンデンサが並列に形成されている状態となり、同様の原理でその部分のインダクタンスも低下する。また、高調波は板状部材 8 2 を通ってグラウンドに落ちる。

従って、板状部材 8 2 の存在により、定在波の生成を防止する効果を一層大きくすることができる。

なお、筒状部材 8 1 と給電棒 3 3 との間の距離、および板状部材 6 2 と電極支持体 2 2 との間の距離は、定在波を解消するに必要な容量に応じて適宜設定すればよい。例えば、高周波電力が 2 k W の場合には、大気のブレイクダウンを起こさないように、8 m m 以上必要である。

また、コンデンサを形成する観点からは、筒状部材 8 1 と給電棒 3 3 との間、および板状部材 6 2 と電極支持体 2 2 との間には部材を装入する必要はないが、フィルタ機能を高めるために電波吸収体を装入してもよいし、誘電率を調節するためにフッ素樹脂（商品名：テフロン）等の誘電体を装入してもよい。

図 2 2 は、本発明によるプラズマ処理装置の第 6 の実施形態として、容量型平行平板エッチング処理装置に用いた構成

例を示している。ここで、本実施形態の構成部位において、図 1 に示した第 1 の実施形態の構成部位と同等の部位には同じ参照符号を付して、その説明を省略する。

このエッチング処理装置 106 は、給電棒 93 が上部電極 21 の非対向面中心から外周方向へシフトした位置に配置され、上部電極 21 へ給電をされる。前述した第 5 の実施形態では、給電棒 93 が上部電極 21 の非対向面中心に配置されていた。

さらに、上部電極 21 の非対向面上において、給電棒 93 の設置位置とは反対方向に、LC 回路 94 が設けられている。この LC 回路 94 は、上部電極 21 に給電される高周波電力の電圧および電流の位相を調整する位相調整として機能する。

この LC 回路 94 は、上部電極 21 とチャンバー 2 との間に直列に、インダクタンス可変のコイル 95 と容量可変のコンデンサ 96 が接続されて構成されている。

そして給電棒 93 に近接して、導電性の筒状部材 91 が設けられ、電極支持体 22 の上方に近接して導電性の板状部材 92 が設けられている。筒状部材 91 と板状部材 92 とは電氣的に接続されており、また板状部材 92 は接地されたチャンバー 2 に電氣的に接続されている。

これら以外の構成部位は、前述した第 1 の実施形態と同等である。

このように構成されるエッチング装置 106 においては、前述した第 5 の実施形態のエッチング装置 105 と同様なエッチング処理が行われる。

しかし、印加する高周波電力の周波数を  $27\text{MHz}$  以上とすると、前述したと同様な理由により、定在波が形成され、電界の不均一が生じる。

従来のように上部電極 21 の中心に給電棒 33 が存在する場合には、図 7 及び図 8 で前述したように、電極板 23 の中心とエッジ部とで位相差  $d/\lambda$  ( $\lambda$  は電極表面波の波長、 $d$  は電極の半径) が生じる。

また、電氣的な等価回路上、上部電極 21 の外周部分は、プラズマに電力が供給される方向と並列に絶縁体を介してグラウンドに落ち、特性インピーダンス ( $50\Omega$ ) で終端しているため、外周位置での電界強度  $E_o$  は、

$$E_o = E \cdot \cos(\omega t) \text{ となる。}$$

また、電極中心部分での電界強度  $E_o$  は、 $E_c = E \cdot \cos(\omega t + d/\lambda)$  となる。ただし、 $\lambda$  は、印加周波数およびプラズマからの反射による高調波および印加周波数がプラズマを介して形成される (波長短縮) 波長である。

この時、高周波電力は外周部分から中心に向けて徐々に供給されるため、外周側からの電圧および電流が電極板 23 の中心部に集まる。また、印加周波数が高くなると、電極板 23 が対向する方向のインダクタンスを無視できなくなり、電圧および電流の上記位相差による干渉作用によって、電極板 23 の対向面の中央部分のインピーダンスが低くなる。

これらによって、電極板 23 の対向面の中心部分の電界強度がエッジ部分の電界強度よりも高くなる。また、中心位置はプラズマと接しているため、RF 等価回路的には開放端と

なっている。したがって、電極板 2 3 の対向面には波長  $\lambda = 2d$  の定在波が形成される。そのため、プラズマ密度の不均一を生じる。

そこで本実施形態では、このような原因によって生じる定在波を解消するため、給電棒 9 3 を介して上部電極 2 1 の中心から外周方向へシフトした位置に高周波電力を供給するとともに、位相調整手段となる LC 回路 9 4 を上部電極 2 1 の非対向面の給電棒 9 3 とは中心を越えた反対側の位置に設けることにより、上部電極 2 1 に供給される高周波の電圧および電流の位相を外周上で不均一にする。

すなわち、上部電極 2 1 の中心から外周方向へシフトした位置に高周波電力を供給することにより、電極板 2 3 の対向面における電圧および電流の経路が電極板 2 3 の中心部に集中することを回避したうえで、LC 回路 9 4 を用い、コイル 9 5 のインダクタンスとコンデンサ 9 6 の容量を調節して電圧および電流の位相をシフトさせることによって、電極板 2 3 の円周上で電圧および電流の位相を不均一にすることができ、電極板 2 3 対向面に電極中心から給電することに起因する定在波が形成されることを防止することができる。

従って、電極板 2 3 の対向面、つまりプラズマ接触面内における電界分布をより均一とすることができ、その結果プラズマ密度を均一にすることができる。

また、第 1 の実施形態の同様に筒状部材 9 1 および板状部材 9 2 が設けられているため、電極板 2 3 のプラズマ接触面（対向面）において高調波の反射に起因する定在波が生じ難

くなり、電極板 2 3 のプラズマ接触面内における電界分布をより一層均一にすることができる。

なお、給電棒 9 3 の設置位置は、上部電極 2 1 の中心から多少でも外周方向側にシフトしていれば、一定の効果を得ることができるが、例えば、電極径が 2 5 0 m m の場合には、中心から 6 0 m m 以上シフトしていることが好ましい。

前述した第 5 の実施形態および第 6 の実施形態のいずれにおいても、印加周波数が高くなるほど定在波が形成されやすくなり、印加周波数が 2 7 M H z 以上の場合に特に有効であるが、2 7 M H z 未満の周波数であっても定在波の影響が皆無ではなく、本発明を適用することにより一定の効果を得ることができる。

また、プラズマ密度が  $1 \times 10^{11}$  個 / c m <sup>3</sup> 以上の場合に上記問題が生じやすく、本発明はこのような場合に特に有効である。

さらに、第 5 の実施形態および第 6 の実施形態の 2 つを併用することにより、プラズマ密度を一層均一にすることも可能である。

なお、本実施形態は、前述した例に限定されることなく、種々変形可能である。

例えば、上下電極に高周波を印加したが、一方のみに高周波を印加する構成であってもよい。

また、本実施形態を上部電極に適用した例で説明したが、下部電極に適用することも可能である。さらに、被処理基板として半導体ウエハを用い、これにエッチングを施す場合に



ついて説明したが、これに限らず、処理対象としては液晶表示装置（LCD）基板等の他の基板であってもよく、またプラズマ処理もエッチングに限らず、スパッタリング、CVD等の他の処理であってもよい。

#### 産業上の利用可能性

本発明のプラズマ処理装置は、プラズマ生成のための電極に接触して、高周波電源の高周波電力の高調波を吸収する高調波吸収部材を設け、高周波電源に戻る前に高周波吸収部材でその高調波を吸収する。これにより、高調波による定在波の発生を有効に防止し、その結果プラズマ密度を均一化する。

また本発明のプラズマ処理装置は、2つの高周波電源を備え、一方から高周波電源が27MHz以上の高周波電力をプラズマ生成のための電極に印加する際に、この周波数よりも低い周波数の高周波電力を他方の高周波電源が印加する事によって、互いの自己バイアス電圧を重畳させて、大きい自己バイアス電圧（Vdc）を得て、プラズマシースを厚くして、定在波による自己バイアス電圧（Vdc）の不均一によるプラズマシースの不均一の程度を小さくする。その結果、プラズマ密度を均一化させて、エッチングに用いた場合には、エッチングレート分布を均一にする。

## 請 求 の 範 囲

1. 被処理基板が收容されるチャンバーと、

前記チャンバー内で対向するように設けられた第1電極および第2の電極と、

前記第1の電極に高周波電力を印加する高周波電力印加手段と、

前記第2の電極と対向する前記第1の電極の対向面（対向する側の面）上の外周又は外周側面に接触して配置され、前記高周波電力印加手段の高周波電力により生じる高調波を吸収する高調波吸収部材と、

前記チャンバー内を排気し、減圧状態に維持する排気手段と、

前記チャンバー内に処理ガスを導入する処理ガス導入手段と、を具備し、

前記第1の電極または第2の電極のいずれかに前記被処理基板を保持させた状態で、前記高調波吸収部材で高周波電力により生じる高調波を吸収しつつ、前記第1の電極および第2の電極間に高周波電界を形成することにより処理ガスのプラズマを形成させ、高周波電力により発生した高調波を前記高調波吸収部材で吸収しつつ、このプラズマにより前記被処理基板にプラズマ処理を施すことを特徴とするプラズマ処理装置。

2. 前記高調波吸収部材は、周波数特性の異なる高調波吸収部材を積層したものであることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ処理装置。

3. 前記高調波吸収部材は、磁気共鳴損失効果を有することを特徴とする請求項1または請求項2に記載のプラズマ処理装置。

4. 前記高調波吸収部材は、フェライトを含むことを特徴とする請求項3に記載のプラズマ処理装置。

5. 前記第1の電極に印加する高周波電力の周波数は、27 MHz以上であることを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置。

6. 前記第2の電極に100 kHz～10 MHzの範囲内の周波数の高周波電力を印加する高周波電力印加手段を、さらに有することを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置。

7. チャンバー内で第1の電極および第2の電極を対向させて配置し、前記第2の電極の対向面側に被処理基板を保持させた状態で、一定の減圧下に保持された前記チャンバー内に処理ガスを導入しつつ、上記第1の電極および第2の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより被処理基板に所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記第1の電極は、第2の電極に対向するように設けられた電極板を備え、

この電極板は、導電体または半導体で構成された外側部分と、

誘電体部材または外側部分より高抵抗の高抵抗部材で構成された中央部分とを有し、

前記第 1 の電極には、その前記第 2 の電極と反対側の面から高周波電力が印加されることを特徴とするプラズマ処理装置。

8. 前記電極板の前記中央部分が高抵抗体である場合に、この中央部分の以下の (1) 式、

$$\delta = (2 / \omega \sigma \mu)^{1/2} \dots (1)$$

ただし、 $\omega = 2 \pi f$  ( $f$ : 周波数)、 $\sigma$ : 導電率、 $\mu$ : 透磁率

で表されるスキンドープス  $\delta$  が、電極板の中央部分の厚さよりも大きいことを特徴とする請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。

9. 前記電極板の外側部分および中央部分がいずれもシリコン (Si) からなり、外側部分および中央部分とのドーパントのドーパ量を異ならせることにより、低抵抗の外側部分と高抵抗の中央部分とを形成することを特徴とする請求項 8 に記載のプラズマ処理装置。

10. チャンバー内で第 1 の電極および第 2 の電極を対向させて配置し、前記第 2 の電極に被処理基板を保持させた状態で、一定の減圧下に保たれた前記チャンバー内に処理ガスを導入しつつ、上記第 1 の電極および第 2 の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、このプラズマにより前記被処理基板にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記第 1 の電極の対向面 (対向する側の面) 側に設けられた、導電体または半導体で構成された電極板を備え、

この電極板の非対向面（対向しない側の面）上の中央部分に接するように、誘電体部材又は、電極板より高抵抗の高抵抗部材のいずれかが設けられ、

前記第 1 の電極の非対向面側から高周波電力が印加されることを特徴とするプラズマ処理装置。

1 1. 前記電極板は、以下の (1) 式

$$\delta = (2 / \omega \sigma \mu)^{1/2} \dots (1)$$

[ただし、 $\omega = 2\pi f$  ( $f$ : 周波数)、 $\sigma$ : 導電率、 $\mu$ : 透磁率]

で表されるスキンドープス  $\delta$  が、前記電極板の厚さよりも大きいことを特徴とする請求項 10 に記載のプラズマ処理装置。

1 2. チャンバー内で第 1 の電極および第 2 の電極を対向させて設け、前記第 2 の電極に被処理基板を保持させた状態で、一定の減圧下に保たれた前記チャンバー内に処理ガスを導入しつつ、上記第 1 および第 2 の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、

このプラズマにより前記被処理基板にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記第 1 の電極の対向面（対向する側の面）側に設けられた、導電体または半導体で構成された電極板を備え、

この電極板の対向面上に形成された絶縁層とを有し、

前記第 1 の電極の非対向面（対向しない側の面）側から高周波電力が印加されることを特徴とするプラズマ処理装置。

1 3. チャンバー内で第 1 および第 2 の電極を対向させて配置し、前記第 2 の電極に被処理基板を保持させた状態で、

一定の減圧下に保たれた前記チャンバー内に処理ガスを導入しつつ、上記第1の電極および第2の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、

このプラズマにより前記被処理基板にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記第1の電極の対向面（対向する側の面）側に設けられた、導電体または半導体で構成された電極板を備え、

前記第1の電極の非対向面（対向しない側の面）上の中央部分に接するように、電磁波吸収効果を有する部材が設けられ、

前記第1の電極の非対向面側から高周波電力が印加されることを特徴とするプラズマ処理装置。

14. 前記第1の電極に印加される高周波電力の周波数が27MHz以上であり、形成されるプラズマの密度が $1 \times 10^{11}$ 個/cm<sup>3</sup>以上であることを特徴とする請求項7ないし請求項13のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置。

15. チャンバー内で第1の電極および第2の電極を対向させて配置し、前記第2の電極に被処理基板を保持させた状態で、一定の減圧下に保たれた前記チャンバー内に処理ガスを導入しつつ、上記第1の電極および第2の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、

このプラズマにより前記被処理基板にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記第1の電極の対向面側に電極板を備え、

この電極板は、導電体または半導体で構成された外側部分

と、誘電体部材または前記外側部分より高抵抗の高抵抗部材で構成された中央部分と、で構成され、前記第1の電極の非対向面側から高周波電力が印加されることを特徴とするプラズマ処理装置。

16. 前記電極板の前記中央部分が高抵抗体である場合に、この中央部分の以下の(1)式

$$\delta = (2 / \omega \sigma \mu)^{1/2} \dots (1)$$

[ただし、 $\omega = 2\pi f$  ( $f$ : 周波数)、 $\sigma$ : 導電率、 $\mu$ : 透磁率]

で表されるスキンドープス $\delta$ が、電極板の中央部分の厚さよりも大きいことを特徴とする請求項15に記載の電極。

17. 前記電極板の外側部分および中央部分がいずれもSiからなり、ドーパントのドーパ量を異ならせることにより低抵抗の外側部分と高抵抗の中央部分とを形成することを特徴とする請求項16に記載の電極。

18. チャンバー内で第1の電極および第2の電極を対向させて配置し、前記第2の電極に被処理基板を保持させた状態で、一定の減圧下に保たれた前記チャンバー内に処理ガスを導入しつつ、上記第1の電極および第2の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、

このプラズマにより前記被処理基板にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記第1の電極の対向面側に導電体または半導体で構成された電極板を備え、この電極板の前記第1の電極の非対向面上の中央部分に接するように、誘電体部材又は、前記電極

板より高抵抗の高抵抗部材のいずれかが設けられ、

前記第 1 の電極の非対向面側から高周波電力が印加されることを特徴とするプラズマ処理装置。

19. 前記電極板は、以下の (1) 式

$$\delta = (2 / \omega \sigma \mu)^{1/2} \dots (1)$$

[ただし、 $\omega = 2 \pi f$  ( $f$ : 周波数)、 $\sigma$ : 導電率、 $\mu$ : 透磁率]

で表されるスキンドープス  $\delta$  が、電極板の厚さよりも大きいことを特徴とする請求項 18 に記載のプラズマ処理装置。

20. チャンバー内で第 1 および第 2 の電極を対向させて配置し、前記第 2 の電極に被処理基板を保持させた状態で、一定の減圧下に持たれた前記チャンバー内に処理ガスを導入しつつ、上記第 1 の電極および第 2 の電極間に高周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、

このプラズマにより前記被処理基板にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記第 1 の電極の対向面側に設けられた導電体または半導体で構成された電極板と、

この電極板の対向側の面上に形成された絶縁層とを備え、

前記第 2 の電極と対向しない前記第 1 の電極の面側から高周波電力が印加されることを特徴とするプラズマ処理装置。

21. チャンバー内で第 1 の電極および第 2 の電極を対向させて配置し、前記第 2 の電極に前記被処理基板を保持させた状態で、一定の減圧下に保たれた前記チャンバー内に処理ガスを導入しつつ、上記第 1 の電極および第 2 の電極間に高



周波電界を形成して処理ガスのプラズマを生成し、

このプラズマにより前記被処理基板にプラズマ処理を施す  
プラズマ処理装置において、

前記第 1 の電極の対向面側に設けられた導電体または半導  
体で構成された電極板と、

この電極板の非対向面上の中央部分に接するように設けら  
れた電磁波吸収効果を有する部材と、を備え、

前記第 1 の電極の非対向面側から高周波電力が印加される  
ことを特徴とするプラズマ処理装置。

2 2 . 印加される高周波電力の周波数が  $27\text{ MHz}$  以上で  
あり、プラズマの密度が  $1 \times 10^{11}$  個 /  $\text{cm}^3$  以上で使用  
されることを特徴とする請求項 15 ないし請求項 21 のいず  
れか 1 項に記載の電極。

2 3 . 被処理基板が收容されるチャンバーと、

前記チャンバー内で対向するように設けられた第 1 の電極  
および第 2 の電極と、

前記第 1 の電極に  $27\text{ MHz}$  以上の周波数の高周波電力を  
印加する高周波電力印加手段と、

前記第 1 の電極に直流電圧を印加する直流電圧印加手段と、

前記チャンバー内を排気して、減圧状態を維持する排気手  
段と、

前記チャンバー内に処理ガスを導入する処理ガス導入手段  
と、を具備し、

前記第 2 の電極に前記被処理基板を保持させた状態で、前  
記直流電圧印加手段による直流電圧を印加しつつ、前記第 1

の電極および第 2 の電極間に高周波電界を形成することにより、処理ガスによるプラズマを形成し、このプラズマにより前記被処理基板にエッチング処理を施すことを特徴とするプラズマ処理装置。

24. 被処理基板が収容されるチャンバーと、

前記チャンバー内で対向するように設けられた第 1 の電極および第 2 の電極と、

前記第 1 の電極に 27 MHz 以上の周波数の高周波電力を印加する第 1 の高周波電力印加手段と、

前記第 1 の電極に前記第 1 の高周波電力印加手段の周波数よりも低い周波数の高周波電力を印加する第 2 の高周波電力印加手段と、

前記チャンバー内を排気して減圧状態に維持する排気手段と、

前記チャンバー内に処理ガスを導入する処理ガス導入手段と、を具備し、

前記第 2 の電極に前記被処理基板を保持させた状態で、前記第 1 の高周波電力印加手段及び前記第 2 の高周波電力印加手段から共に高周波電力を印加して、前記第 1 の電極および第 2 の電極間に高周波電界を形成することにより、処理ガスによるプラズマを形成し、このプラズマにより前記被処理基板にエッチング処理を施すことを特徴とするプラズマ処理装置。

25. 前記第 2 の高周波電力印加手段からの高周波電力の周波数が 2 ~ 10 MHz であることを特徴とする請求項 24

に記載のプラズマ処理装置。

26. 前記第2の電極に100kHz～10MHzの範囲内の周波数の高周波電力を印加する高周波電力印加手段をさらに有することを特徴とする請求項23ないし請求項25のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置。

27. 被処理基板が收容されるチャンバーと、

前記チャンバー内で対向するように設けられた第1の電極および第2の電極と、

前記第1の電極に高周波電力を印加する高周波電力印加手段と、

前記第1の電極の非対向面の中心に接続された前記高周波電力印加手段から高周波電力を給電するための給電棒と、

前記給電棒の周囲を囲むように近接して設けられ、接地された導電性の筒状部材と、

前記筒状部材と電氣的に接続する接地された導電性の板状部材と、

前記チャンバー内を排気し、減圧状態に維持する排気手段と、

前記チャンバー内に処理ガスを導入する処理ガス導入手段と、を具備し、

前記第1の電極または第2の電極に前記被処理基板を保持させた状態で、前記筒状部材及び前記板状部材により、前記給電棒のインダクタンス成分を低下させつつ、前記第1の電極および第2の電極間に高周波電界を形成することにより、処理ガスによるプラズマを形成し、このプラズマにより前記

被処理基板にプラズマ処理を施すことを特徴とするプラズマ処理装置。

28. 被処理基板が収容されるチャンバーと、

前記チャンバー内で対向するように設けられた第1の電極および第2の電極と、

前記第1の電極に高周波電力を印加する高周波電力印加手段と、

前記第1の電極の非対向面上の中心から外周に向かって移動した位置に接続された前記高周波電力印加手段から高周波電力を給電するための給電棒と、

一端が第1の電極に接続され、且つ他端が接地された状態で配置され、前記第1の電極に給電される高周波電力の電圧および電流の位相を調整する位相調整手段と、

前記チャンバー内を排気し、減圧状態に維持する排気手段と、

前記チャンバー内に処理ガスを導入する処理ガス導入手段と、を具備し、

前記第1の電極または第2の電極に前記被処理基板を保持させた状態で、前記筒状部材及び前記板状部材により、前記給電棒のインダクタンス成分を低下させ、且つ前記第1の電極に印加される高周波電力（電流及び電圧）の位相を調整しつつ、前記第1の電極および第2の電極間に高周波電界を形成することにより、処理ガスによるプラズマを形成し、このプラズマにより前記被処理基板にプラズマ処理を施すことを特徴とするプラズマ処理装置。

29. 前記位相調整手段は、前記第1の電極の非対向面上で、前記給電棒の接続位置とは、前記非対向面の中心を挟んだ反対側の位置に設けられたLC回路であることを特徴とする請求項28に記載のプラズマ処理装置。

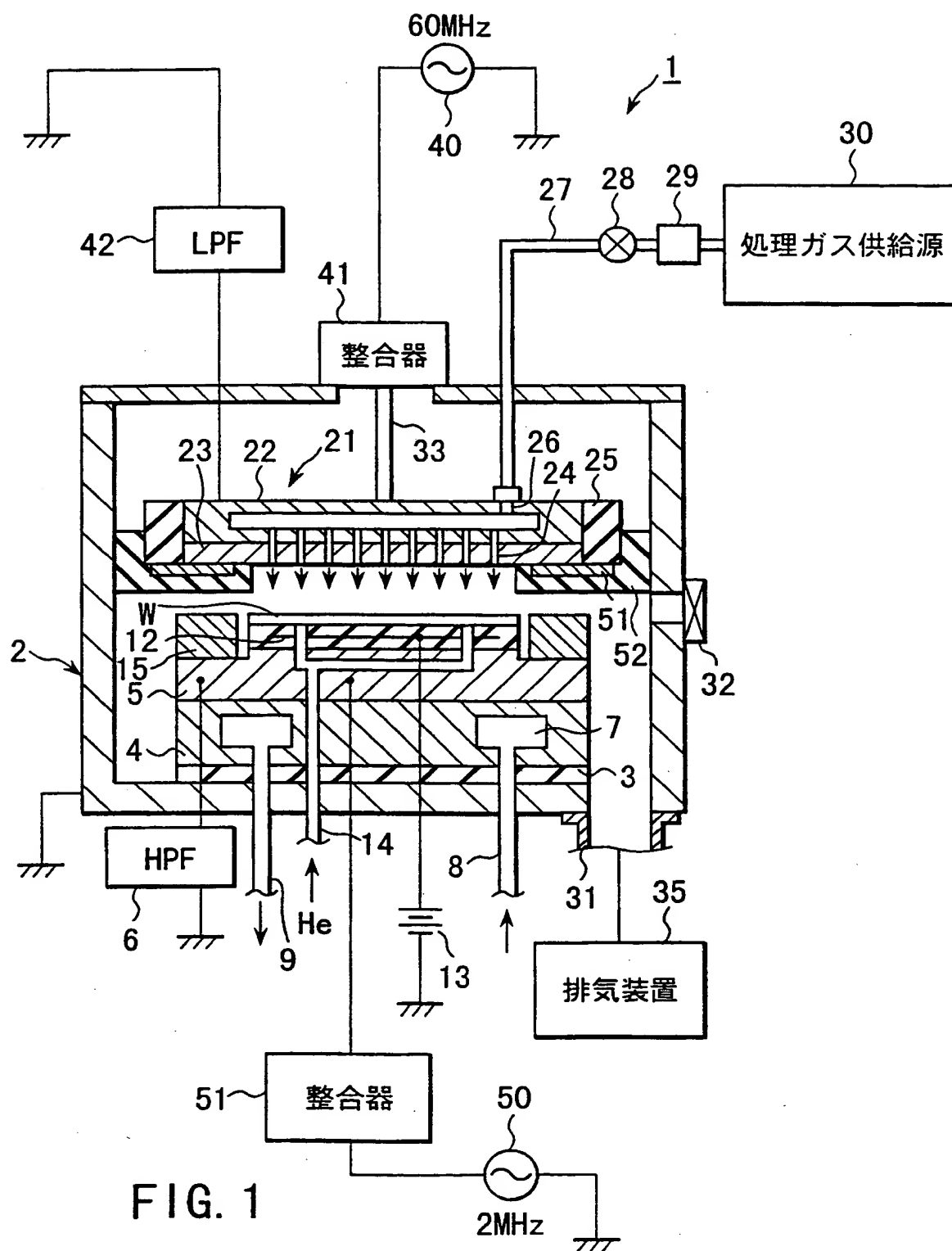
30. さらに、前記給電棒の周囲に近接して設けられ、接地された導電性の筒状部材と、

前記第1の電極の非対向面に近接して設けられ、接地された導電性の板状部材と、を具備することを特徴とする請求項28または請求項29に記載のプラズマ処理装置。

31. 前記第1の電極に印加する高周波電力の周波数は、27MHzより高いことを特徴とする請求項27ないし請求項30のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置。

32. 前記第2の電極に100kHz～10MHzの範囲内の周波数の高周波電力を印加する高周波電力印加手段を、さらに具備することを特徴とする請求項27ないし請求項31のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置。

1/12



2/12

FIG. 2

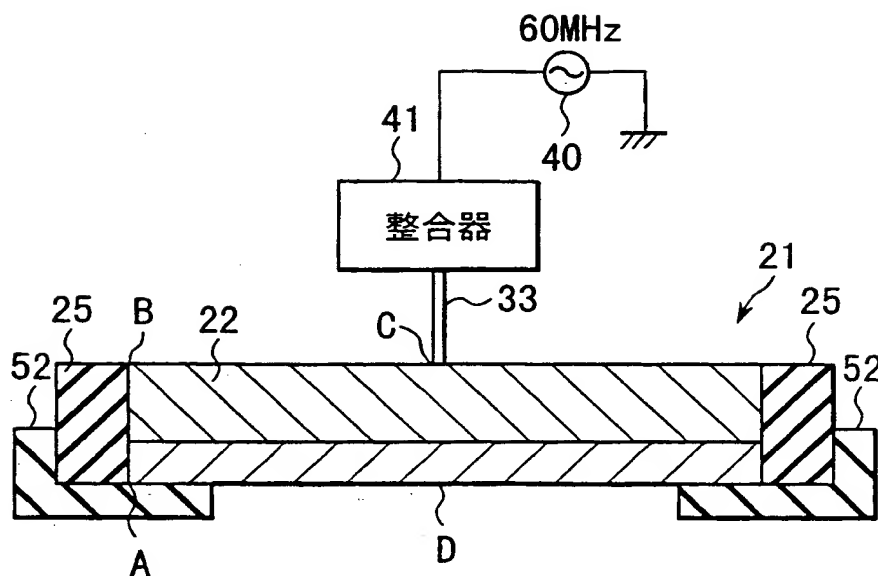


FIG. 3

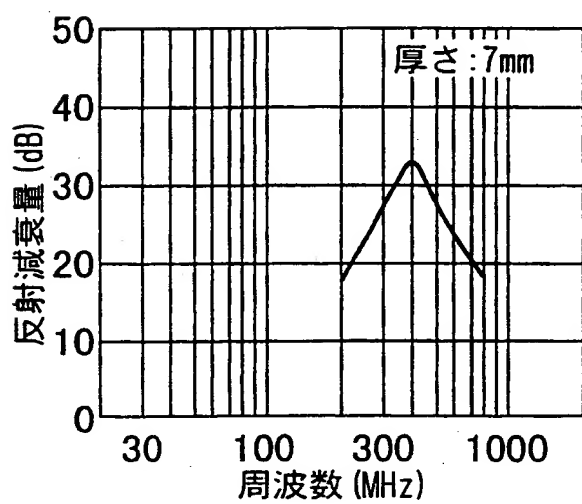
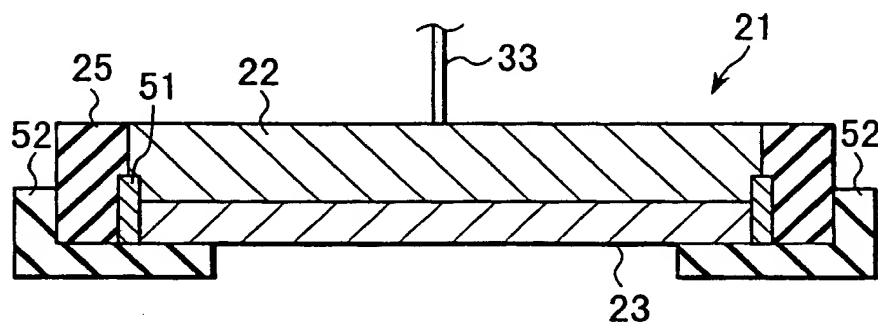


FIG. 4

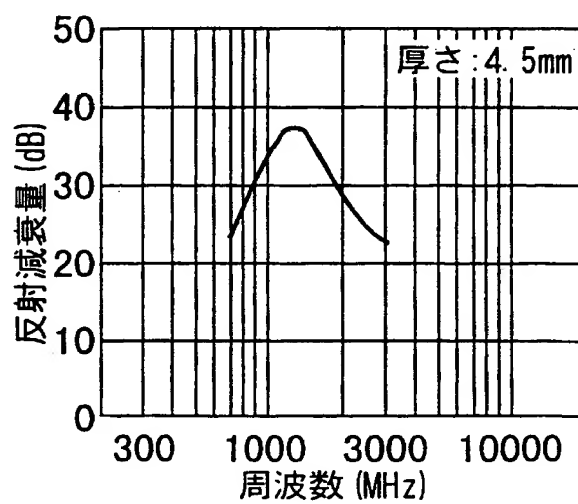
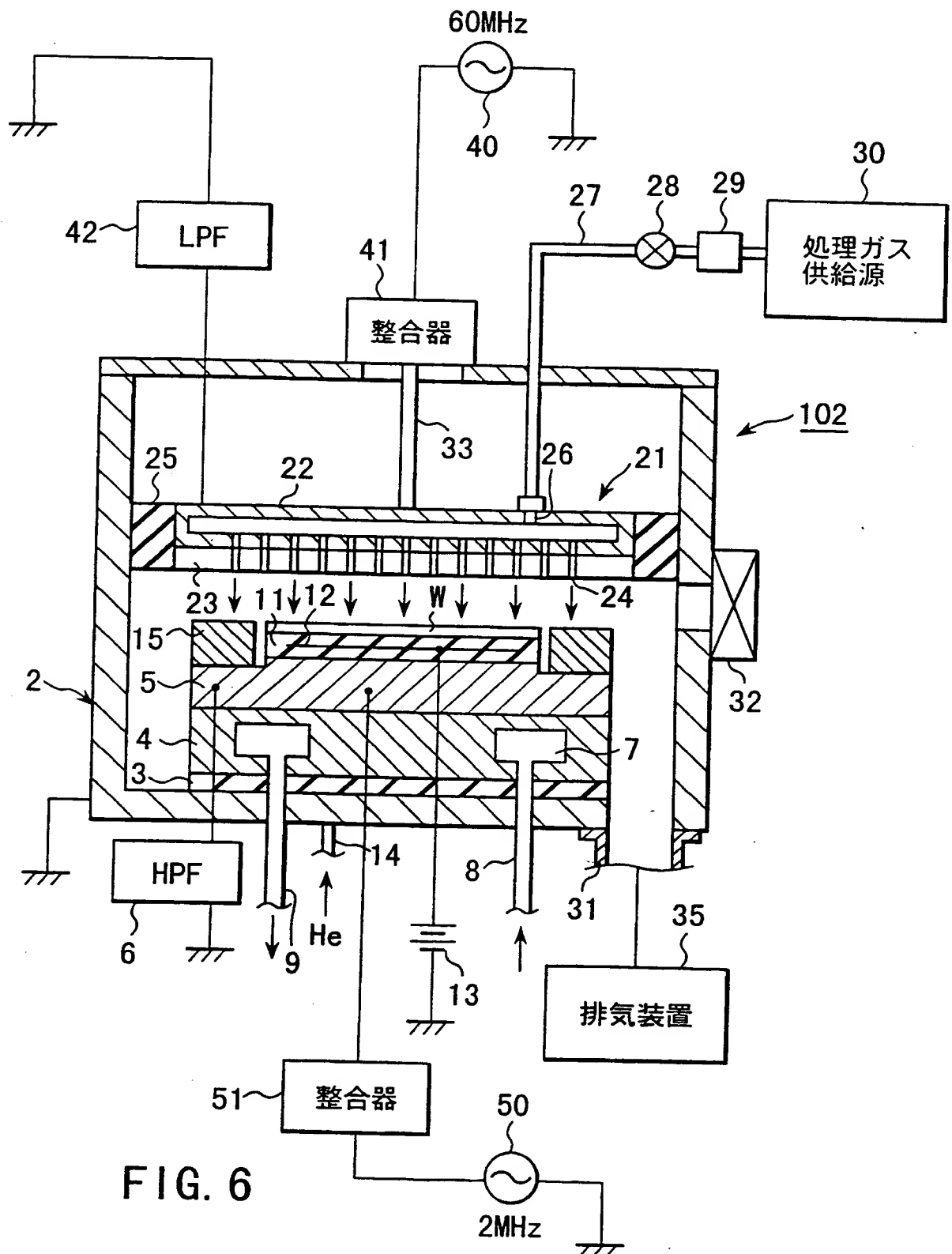


FIG. 5

3/12





4/12

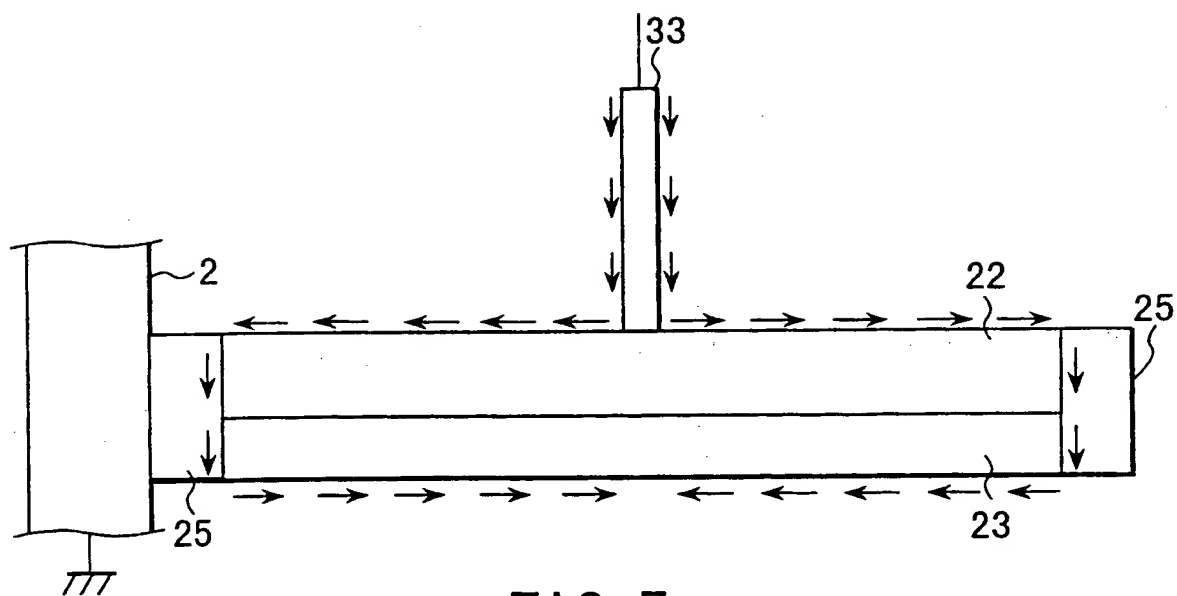


FIG. 7

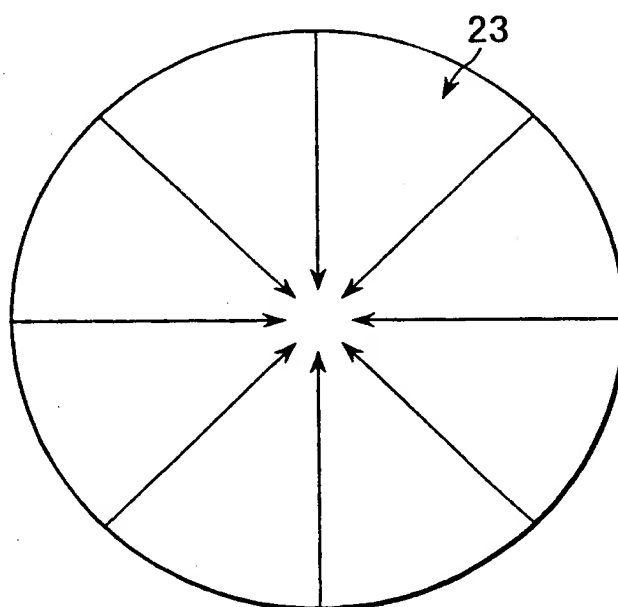
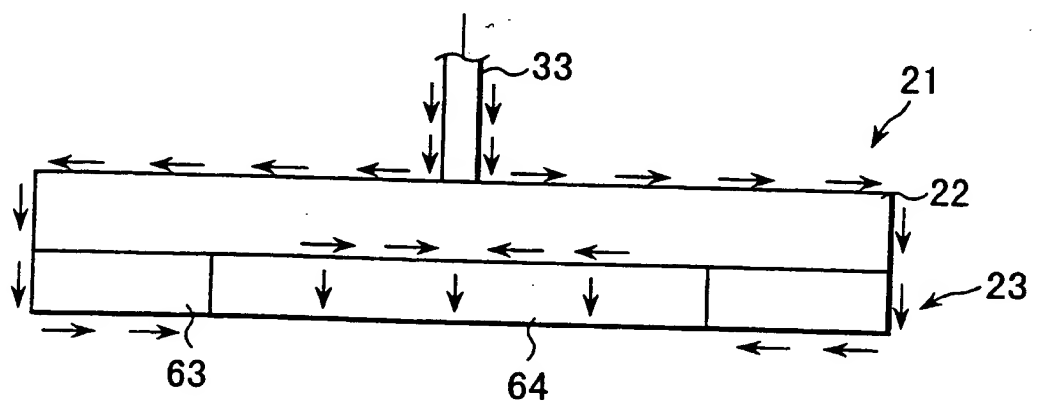
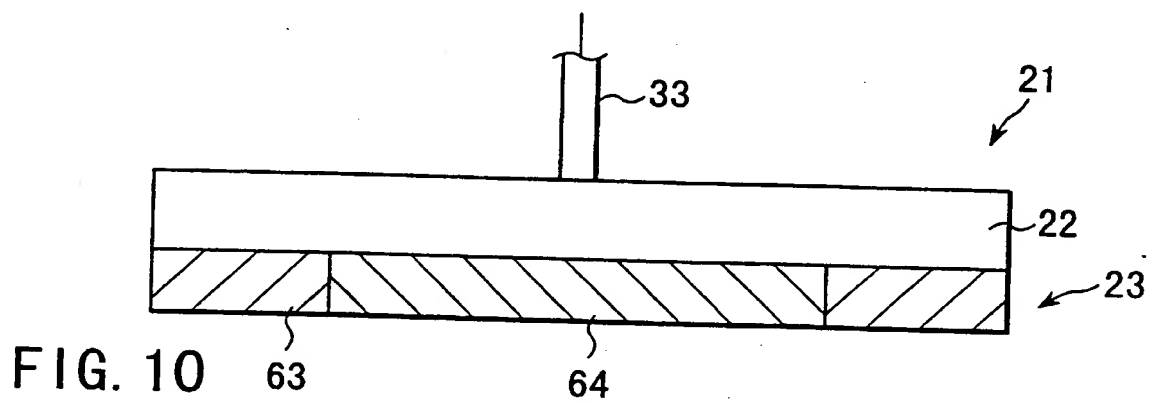
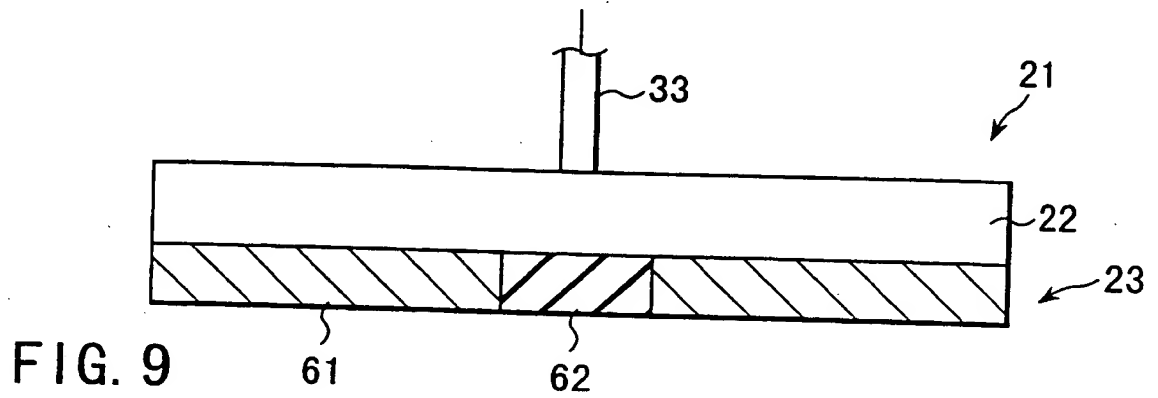


FIG. 8

5/12



6/12

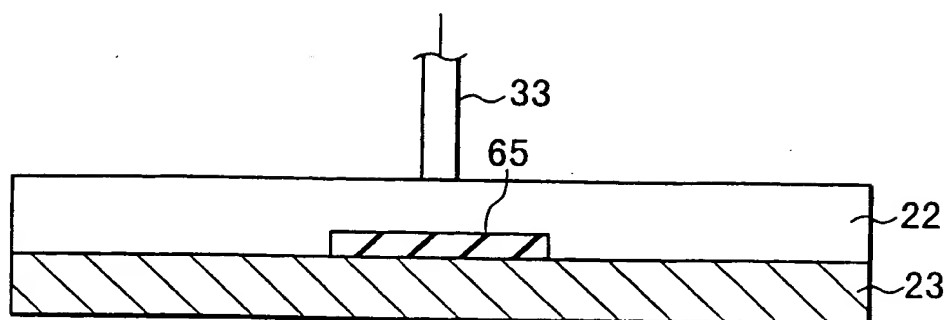


FIG. 12

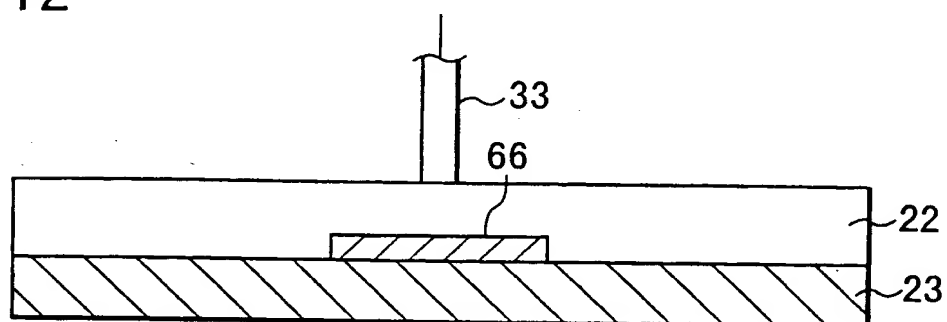


FIG. 13

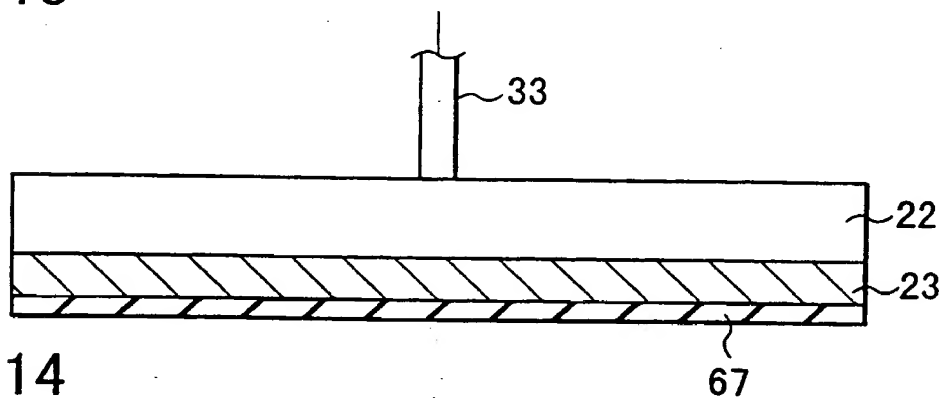


FIG. 14

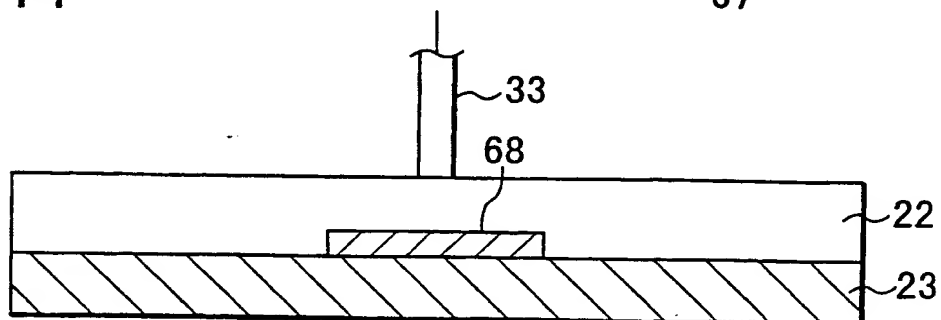


FIG. 15

7/12

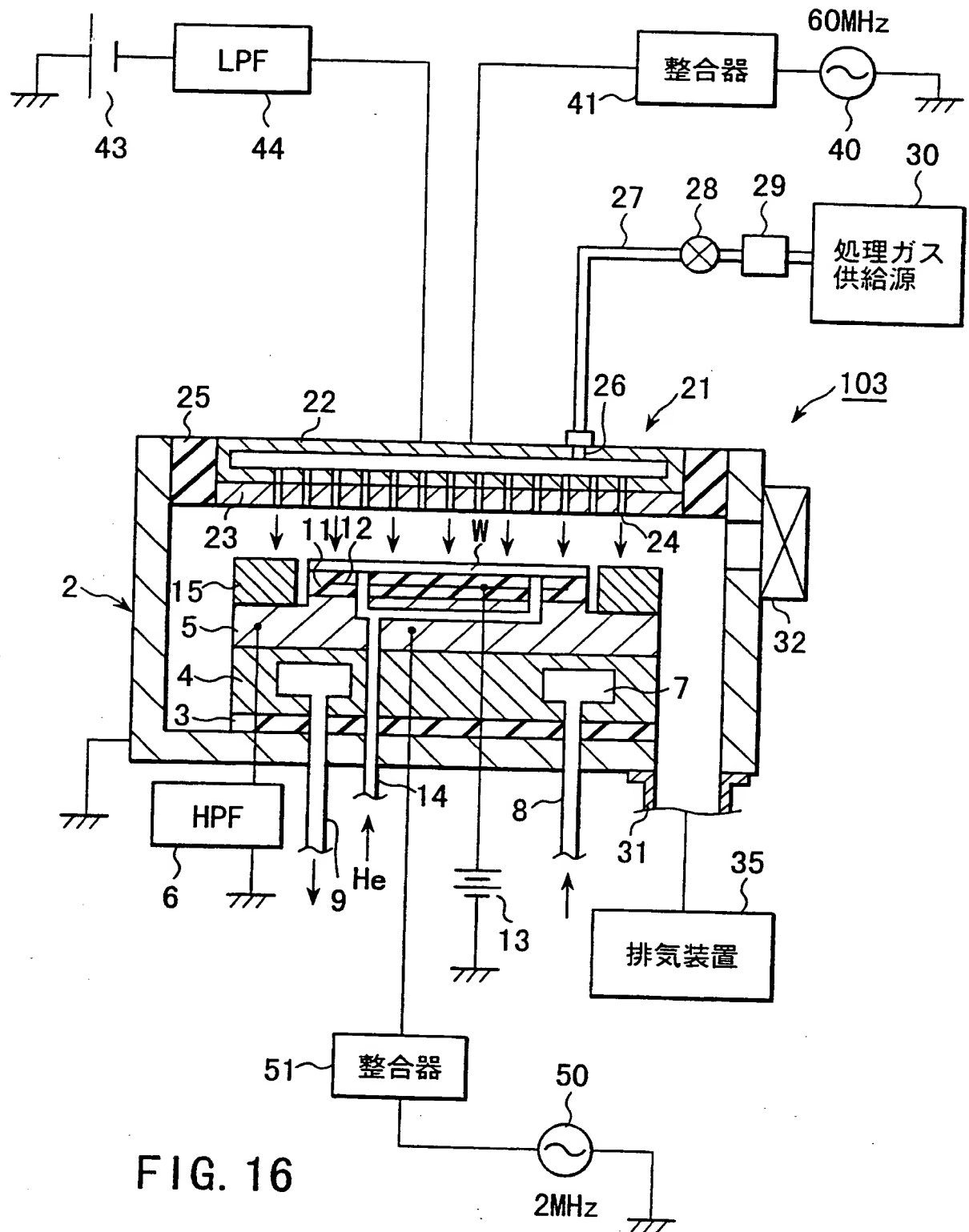


FIG. 16

8/12

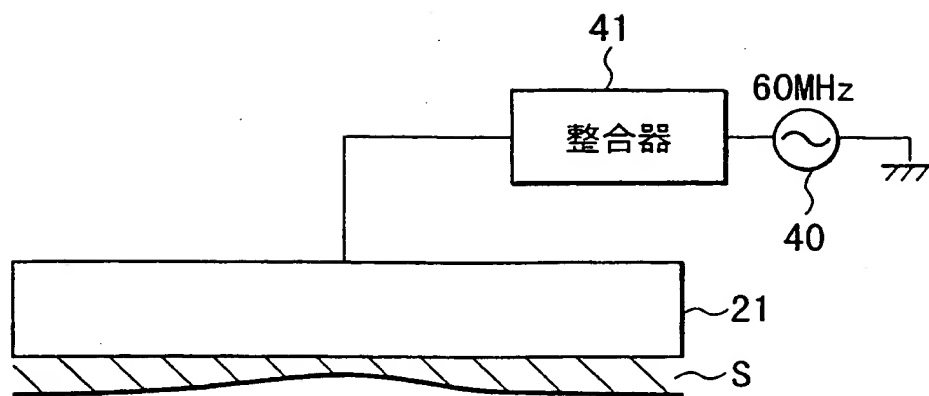


FIG. 17A

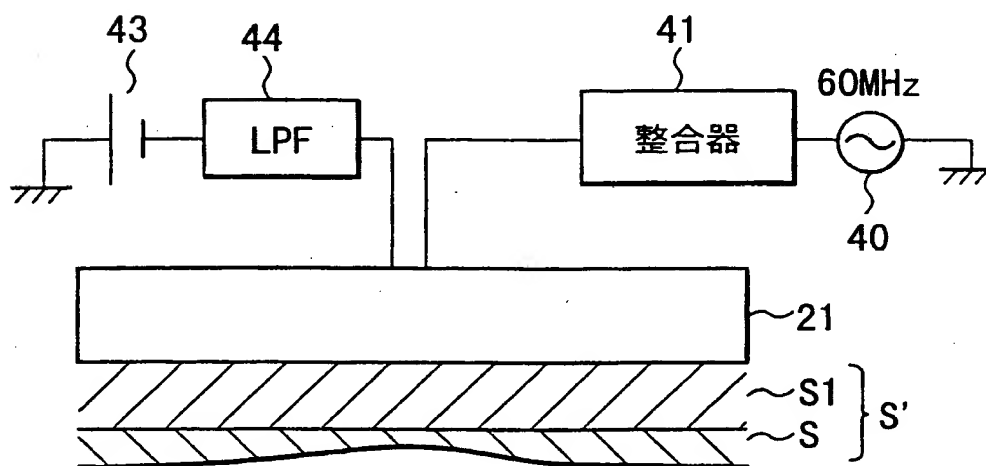


FIG. 17B

9/12

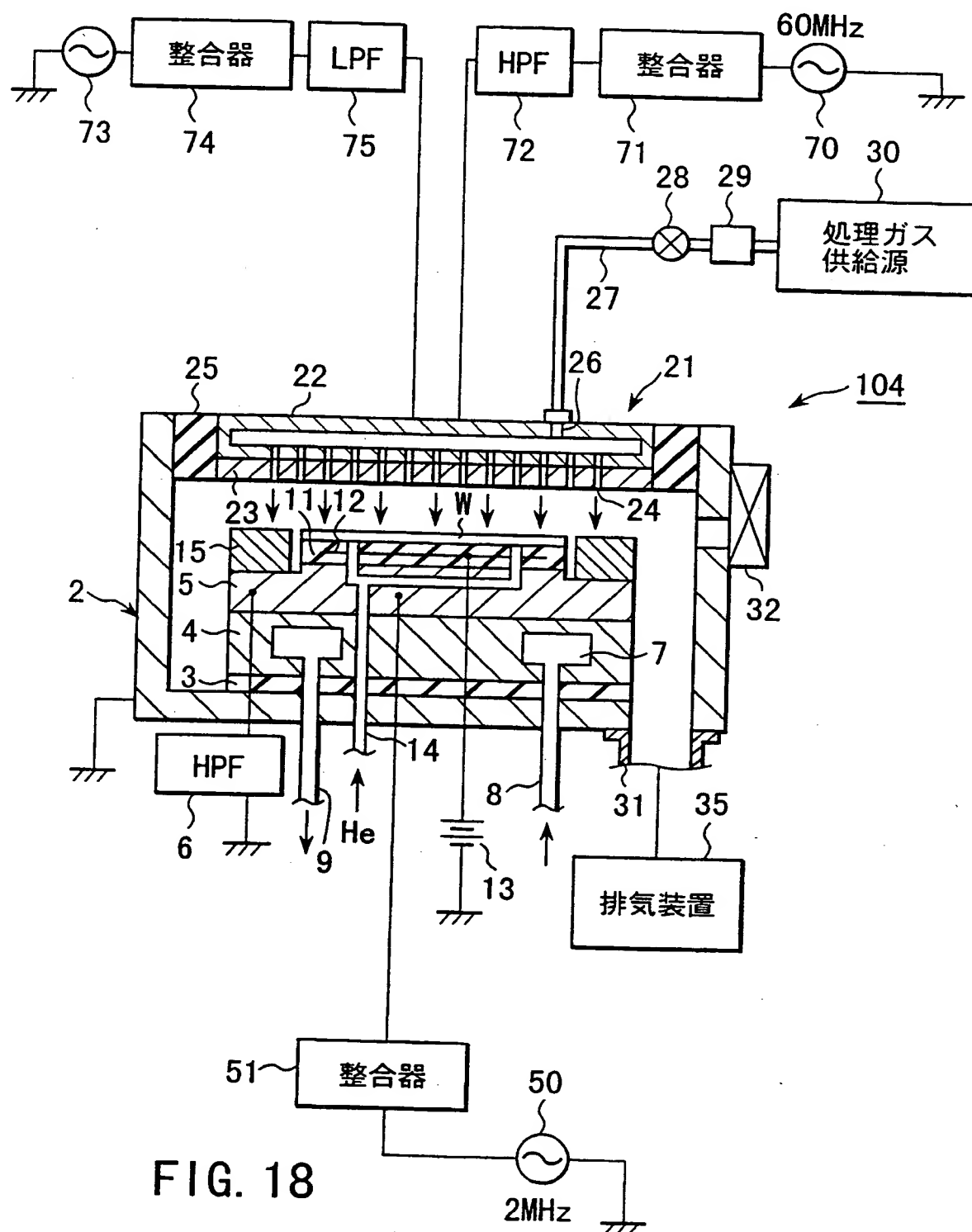


FIG. 18

10/12

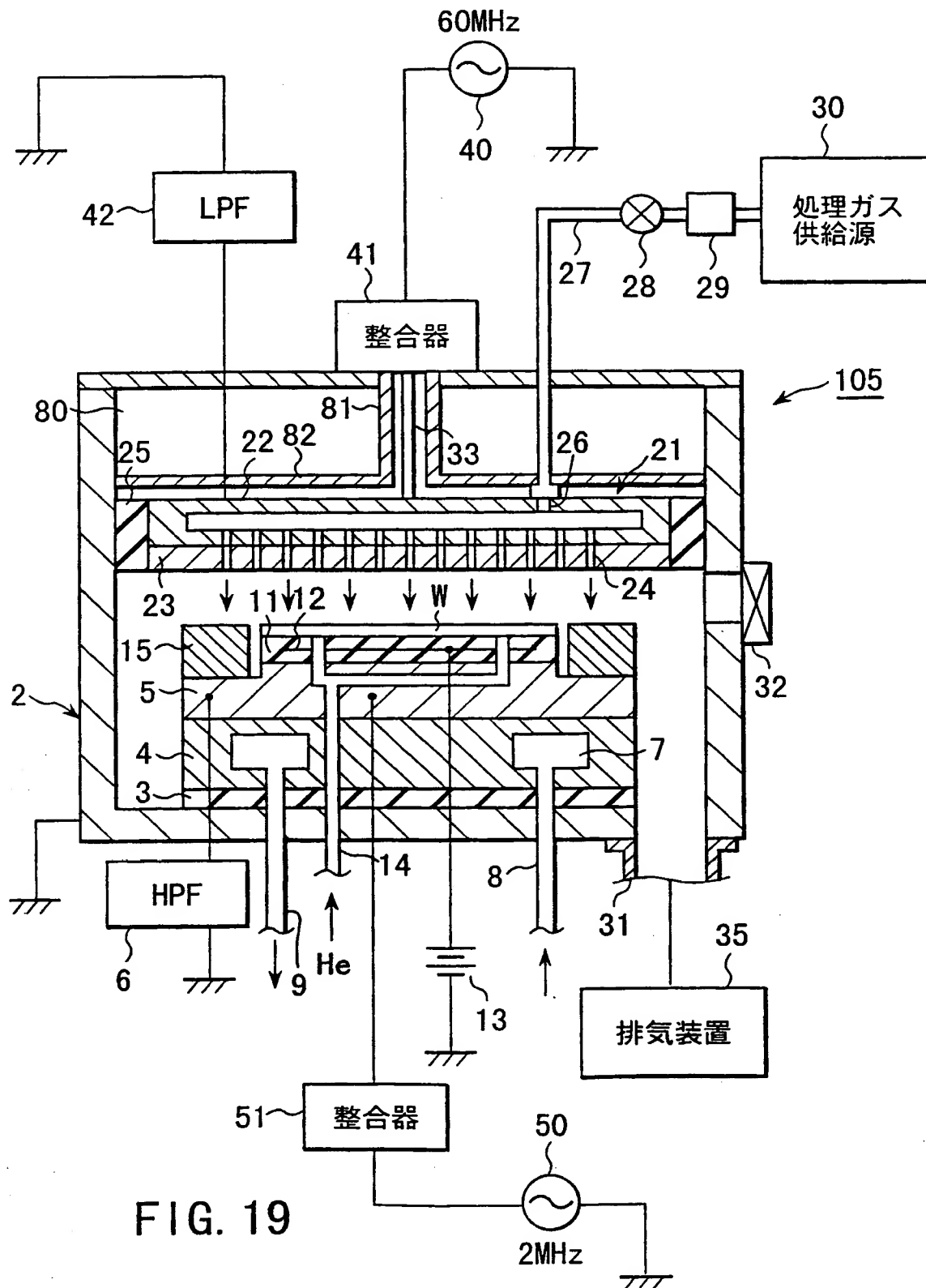


FIG. 19

11/12

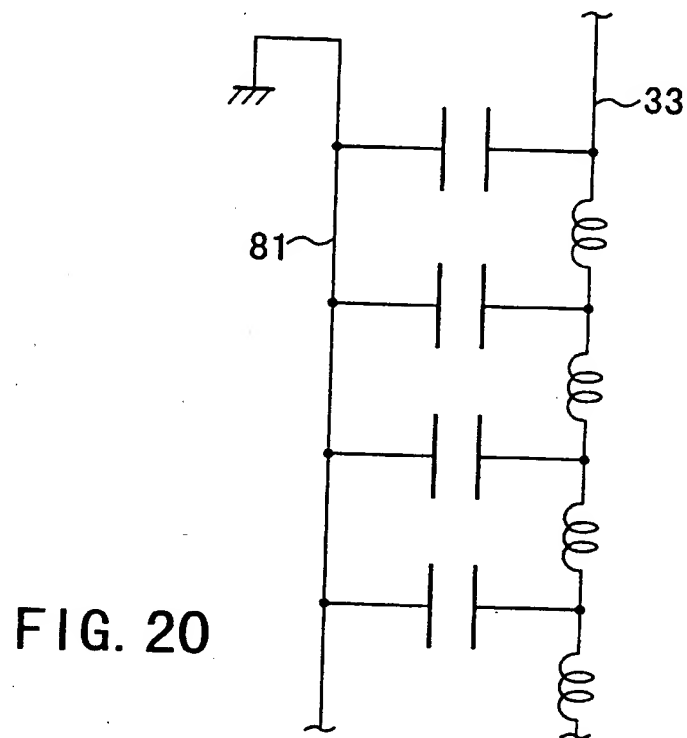


FIG. 20

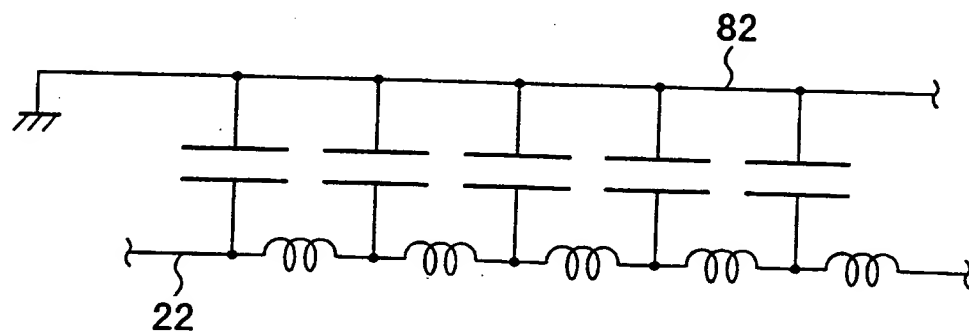


FIG. 21



12/12

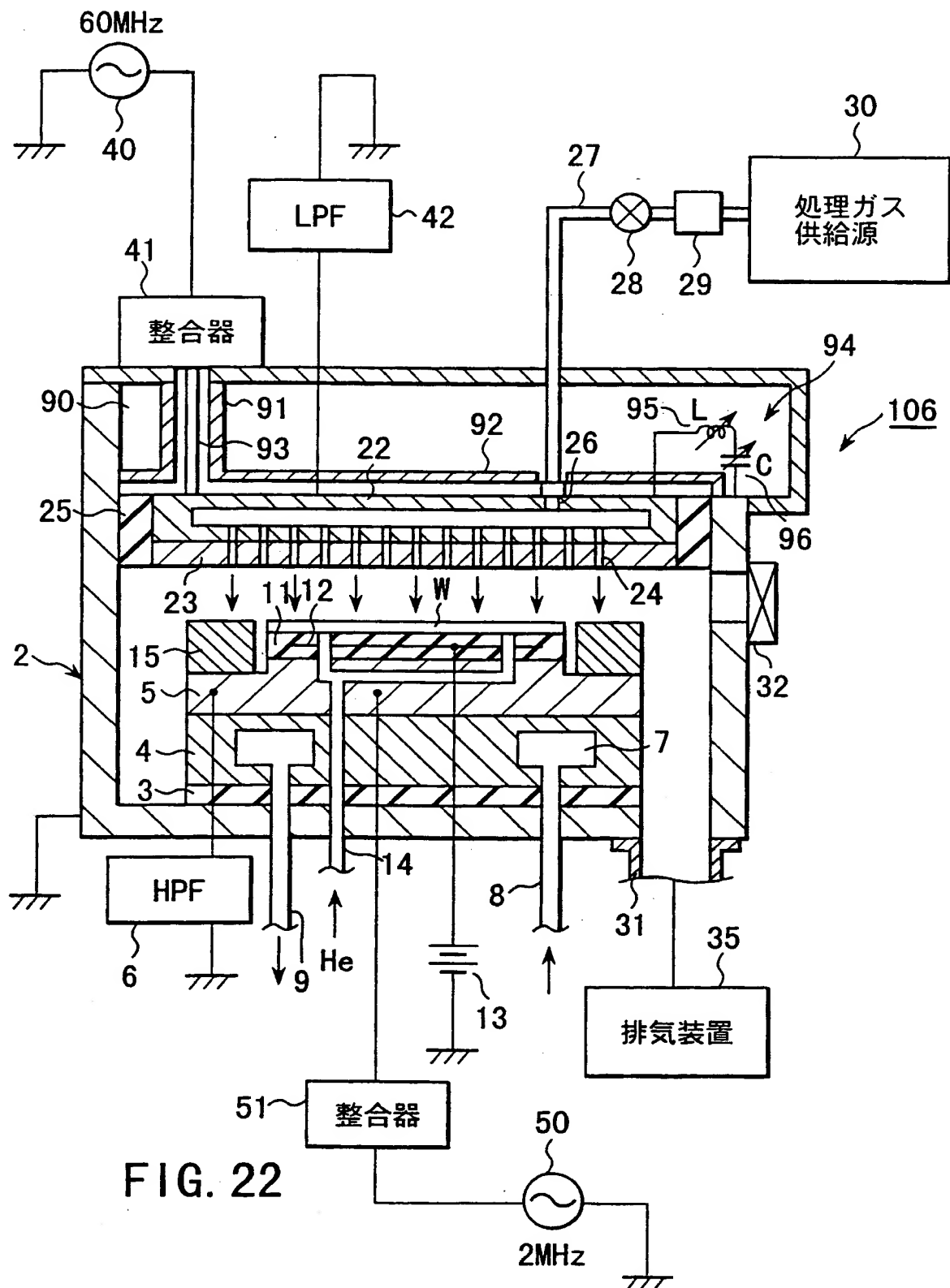


FIG. 22

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/02770

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/3065Int.Cl<sup>7</sup> H01J37/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/3065Int.Cl<sup>7</sup> H01J37/32

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1964-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-1998
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 09-279350, A (ANELVA CORPORATION), 28 October, 1997 (28.10.97), Par. Nos. 10 to 45 (Family: none)	1-32
Y	JP, 08-227875, A (Seiko Epson Corporation), 03 September, 1996 (03.09.96), Par. Nos. 34 to 45 (Family: none)	1-32
Y	JP, 11-61452, A (Seiko Epson Corporation), 05 March, 1999 (05.03.99), Par. Nos. 18 to 44 (Family: none)	1-32
Y	JP, 07-106097, A (Ulvac Japan Ltd.), 21 April, 1995 (21.04.95), Par. Nos. 12 to 34 (Family: none)	1-32
Y	JP, 11-111494, A (Hitachi, Ltd.), 23 April, 1999 (23.04.99), Par. Nos. 7 to 24 (Family: none)	1-32
Y	JP, 10-172792, A (Tokyo Electron Limited), 26 June, 1998 (26.06.98),	1-32

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 01 August, 2000 (01.08.00)	Date of mailing of the international search report 08 August, 2000 (08.08.00)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/02770

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Par. Nos. 26 to 115 (Family: none) WO, 97/03224, A (WATKINS JOHNSON COMPANY), 30 January, 1997 (30.01.97), Full text & JP, 09-167762, A & EP, 839217, A & US5792272, A	1-32

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl<sup>7</sup> H01L21/3065  
Int. Cl<sup>7</sup> H01J37/32

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl<sup>7</sup> H01L21/3065  
Int. Cl<sup>7</sup> H01J37/32

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1964-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-1996年  
日本国登録実用新案公報 1994-1998年  
日本国実用新案登録公報 1996-1999年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 09-279350, A (アネルバ株式会社), 28. 10月1997年 (28. 10. 97), 第10~45段落, (ファミリーなし)	1-32
Y	J P, 08-227875, A (セイコーエプソン株式会社), 3. 9月 1996年 (03. 09. 96), 第34~45段落, (ファミリーなし)	1-32
Y	J P, 11-61452, A (セイコーエプソン株式会社), 5. 3月1999 年 (05. 03. 99), 第18~44段落, (ファミリーなし)	1-32
Y	J P, 07-106097, A (日本真空技術株式会社), 21. 4月1995 年 (21. 04. 95), 第12~34段落, (ファミリーなし)	1-32

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日  
01.08.00

国際調査報告の発送日

08.08.00

国際調査機関の名称及びあて先  
日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
今井 淳一

4R 9055

電話番号 03-3581-1101 内線 6376

様式PCT/ISA/210 (第2ページ) (1998年7月)

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 11-111494, A (株式会社日立製作所), 23. 4月1999年 (23. 04. 99), 第7~24段落, (ファミリーなし)	1-32
Y	JP, 10-172792, A (東京エレクトロン株式会社), 26. 6月1 998年(26. 06. 98), 第26~115段落, (ファミリーなし)	1-32
A	WO, 97/03224, A (WATKINS JOHNSON COMPANY), 30. 1月199 7年(30. 01. 97), 全文 & JP, 09-167762, A & EP, 839217, A & US5792272, A	1-32

様式PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (1998年7月)

